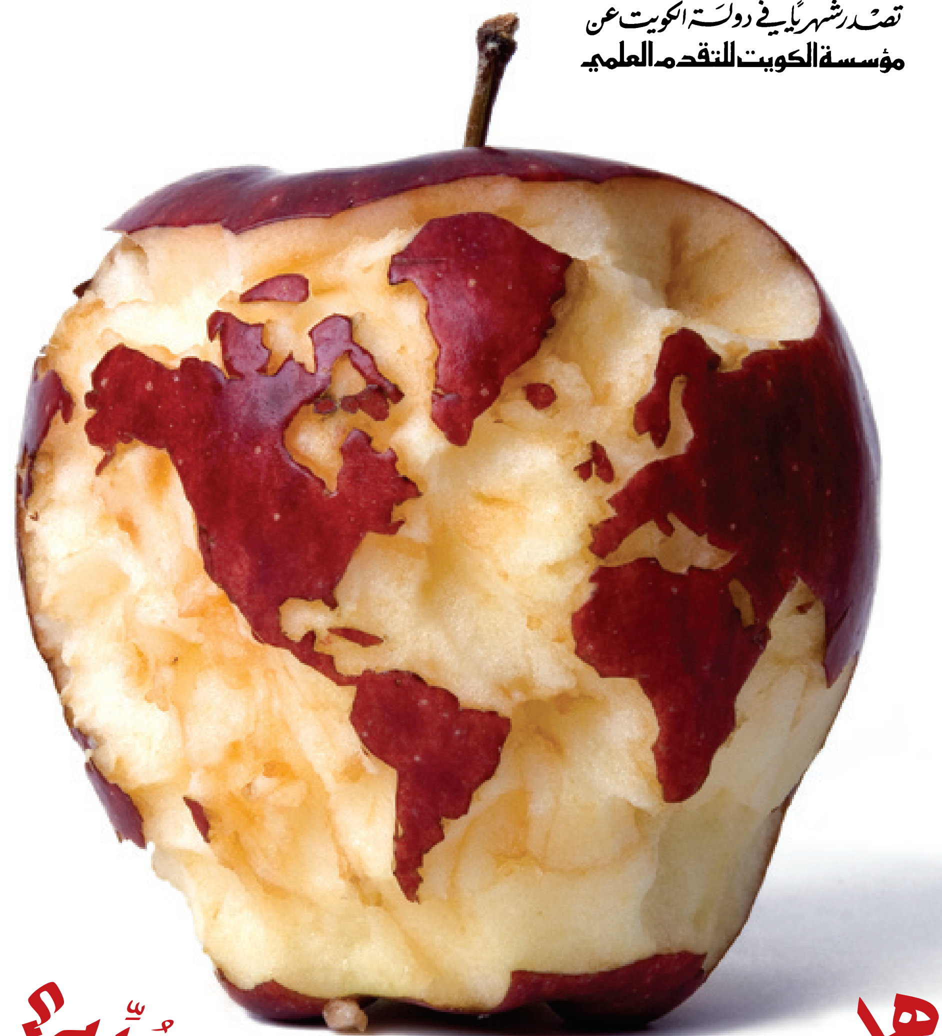
مجلة العلوم
الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريًا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 28 ـ العددان 8/7
يوليو/ أغسطس 2012

SCIENTIFIC AMERICAN
July / August 2012

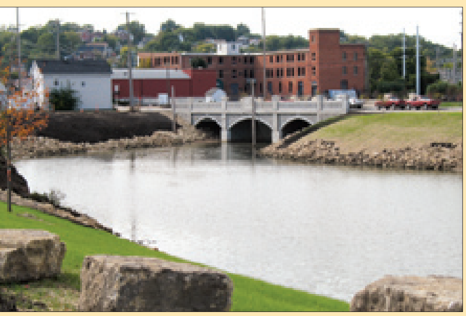
العددان 291/ 292 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي



هل يمكننا إطعام العالم كُلِّه؟



هل ثمة أكوان أُخرى؟
وماذا هناك وراء أفق رصد علماء الكون؟



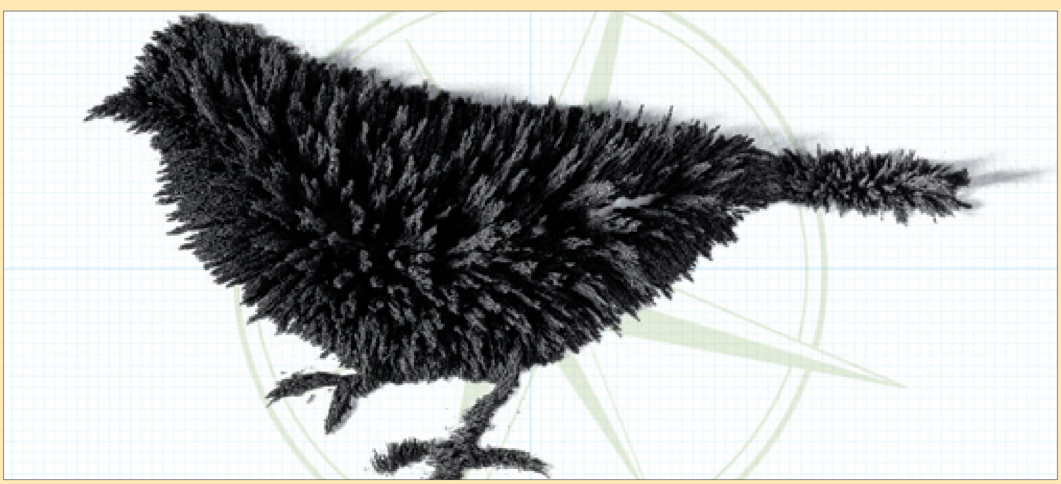
خطط لمواجهة خطر الفيضانات



المركبة الجوّالة (كيوريوزيتي)
تنقب عن الحياة على المريخ



ما الذي يجعل كل دماغ لا نظير له



لدى بعض الحيوانات حاسة مغنطيسية تمكنها (كالبوصلة) من تحديد اتجاهها

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

جائزة الكويت لعام 2012

دعوة للترشيح

تمشيا مع أهداف مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، وتحقيقا لأغراضها في دعم الإنتاج العلمي وتشجيع العلماء والباحثين، تقوم المؤسسة بتخصيص جوائز في مجالات العلوم والآداب والفنون والتراث، وذلك وفق برامجها السنوية. وتسجل المؤسسة من خلال هذه الجوائز اعترافها بالإنجازات الفكرية المتميزة التي تخدم التقدم العلمي، وتفتح الطريق أمام الجهود المبذولة لرفع المستوى الحضاري في مختلف الميادين.

وموضوعات جائزة الكويت لعام 2012 هي في المجالات الخمسة الآتية:

* **العلوم الأساسية:**	علم الأحياء الجزيئي	Molecular Biology
* **العلوم التطبيقية:**	الطاقة	Energy
* **العلوم الاقتصادية والاجتماعية:**	علم الإدارة	Management Science
* **الفنون والآداب:**	المسرح	Theatre
* **التراث العلمي العربي والإسلامي:**	التراث العلمي العربي والإسلامي	Arabic and Islamic Scientific Heritage

تُخصص المؤسسة سنويا لكل مجال من هذه المجالات جائزتين مقدار كل منهما 30 000 د.ك. (ثلاثون ألف دينار كويتي)، تمنح الأولى لواحد (أو أكثر) من أبناء دولة الكويت وتمنح الثانية لواحد (أو أكثر) من أبناء الدول العربية الأخرى. كما تقدم المؤسسة مع الجائزة النقدية ميدالية ذهبية ودرع المؤسسة وشهادة تقديرية تبين مميزات الإنتاج بصورة مختصرة.

ويتم منح جائزة الكويت وفق الشروط الآتية:

- أن يكون الإنتاج مبتكرا وذا أهمية بالغة بالنسبة إلى الحقل المقدم فيه ومنشورا خلال السنوات العشر الماضية.
- ألا يكون المرشح قد نال جائزة عن الإنتاج المقدم من أي جهة أخرى.
- تقبل المؤسسة طلبات المتقدمين وترشيحات الجامعات والهيئات العلمية، كما يحق للأفراد الحاصلين على هذه الجائزة ترشيح من يرونه مؤهلا لنيلها ولا تُقبل ترشيحات الهيئات السياسية.
- يتضمن الترشيح السجل العلمي للمرشح ونبذة مختصرة عن حياته وإنتاجه ومبررات ترشيحه لنيل الجائزة.
- لا يعاد الإنتاج المقدم إلى مرسِله سواء فاز المرشح أو لم يفز.
- لا تقبل الاعتراضات على قرارات المؤسسة بشأن منح الجوائز.
- على الفائز أن يقدم محاضرة عن الإنتاج الذي نال عنه الجائزة.
- تعبئة نموذج بيان السيرة الذاتية الخاص بالجائزة.
- تقبل الترشيحات حتى 2012/12/1 مرفقة بأربع نسخ من الإنتاج المقدم.

ترسل الترشيحات والاستفسارات بشأن الجائزة إلى العنوان الآتي:

السيد مدير عام
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ص.ب: 25263 الصفاة 13113 ـ دولة الكويت
فاكس: 22403891 (965+) ـ هاتف: 22429780 (965+) ـ البريد الإلكتروني: prize@kfas.org.kw
كما يمكنكم زيارة موقع المؤسسة الإلكتروني www.kfas.org للتعرف على الجائزة وشروطها وطرق التقدم لنيلها.

مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 28 ـ العددان 7/8 (2012)
291/292

مراسلات التحرير

توجه إلى: رئيس تحرير العلوم
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق - الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
عنوان البريد الإلكتروني: oloom@kfas.org.kw – موقع الوب: www.oloommagazine.com
هاتف: 22428186(965+) – فاكس : 22403895(965+)

الإعلانات في الوطن العربي يتفق عليها مع قسم الإعلانات بالمجلة.

Advertising correspondence from outside the Arab World *should be addressed to*
SCIENTIFIC AMERICAN 415, Madison Avenue, New York, NY 10017 - 1111
Or to *MAJALLAT AL-OLOOM, P.O.Box 20856 Safat, Kuwait 13069 - Fax. (+965) 22403895*

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	5.4	جنيه	الكويت	1.500	دينار	Britain	£	4
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	2765	ليرة	Cyprus	CI	2.5
البحرين	1.800	دينار	الصومال	1497	شلن	ليبيا	1.7	دينار	France	€	6
تونس	2.5	دينار	العراق	1964	دينار	مصر	7	جنيه	Greece	€	6
الجزائر	105	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	Italy	€	6
جيبوتي	206	فرنك	فلسطين	1.25	U.S $	موريتانيا	889	أوقية	U.S.A.	$	6
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	Germany	€	6

■ **مراكز توزيع العلوم في الأقطار العربية** (*انظر الصفحة 76*).

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ملاحظة: تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

بزيارة موقع المجلة **www.oloommagazine.com** يمكن الاطلاع على مقالات الإصدارات المختلفة اعتبارا من العدد 1995/1.
كما يمكن الاطلاع على قاموس مصطلحات العلوم باتباع التعليمات الواردة على الصفحة الرئيسية للموقع.

يمكن تزويد المشتركين في العلوم بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:
1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and Formats ثم اضغط OK

شارك في هذا العدد

محمد أبوحرب
خضر الأحمد
أحمد أصفري
علي الأمير
محمد بغدادي
محمد حسن حتاحت
المرحوم عبدالحافظ حلمي
عدنان الحموي
محمد دبس
عبدالقادر رحمو
أحمد الرحمون
إبراهيم الرفاعي
فؤاد العجل
حازم فرج
إبراهيم المسلم
ليلى الموسوي

المقالات

ترجمة أو مراجعة

Majallat AlOloom
المجلد 28 العددان 8/7
يوليو/ أغسطس 2012
العلوم



تنقيب عن الحياة على المريخ(*)

أحيت بعثة فينيكس المريخية الآمال في أن يكون الكوكب الأحمر صالحا للحياة، ومهدت الطريق لمركبة جوالة جديدة(١).

<P. H. سميث>

(*) DIGGING MARS

(١) أُطلقت بتاريخ 2011/11/26 من قبل مختبر علوم المريخ (MSL) ومن المتوقع هبوطها على سطح المريخ بتاريخ 2012/08/06 في الساعة 05:31 (بالتوقيت العالمي المنسق). وتبلغ تكاليف مشروع المختبر MSL نحو 2.5 بليون دولار. وقد صممت المركبة لمتابعة الاكتشاف مدة لا تقل عن 687 يوما أرضيا (سنة مريخية واحدة).
وفي العدد القادم من العلوم، مقالة بعنوان: «قراءة الكوكب الأحمر». (التحرير)

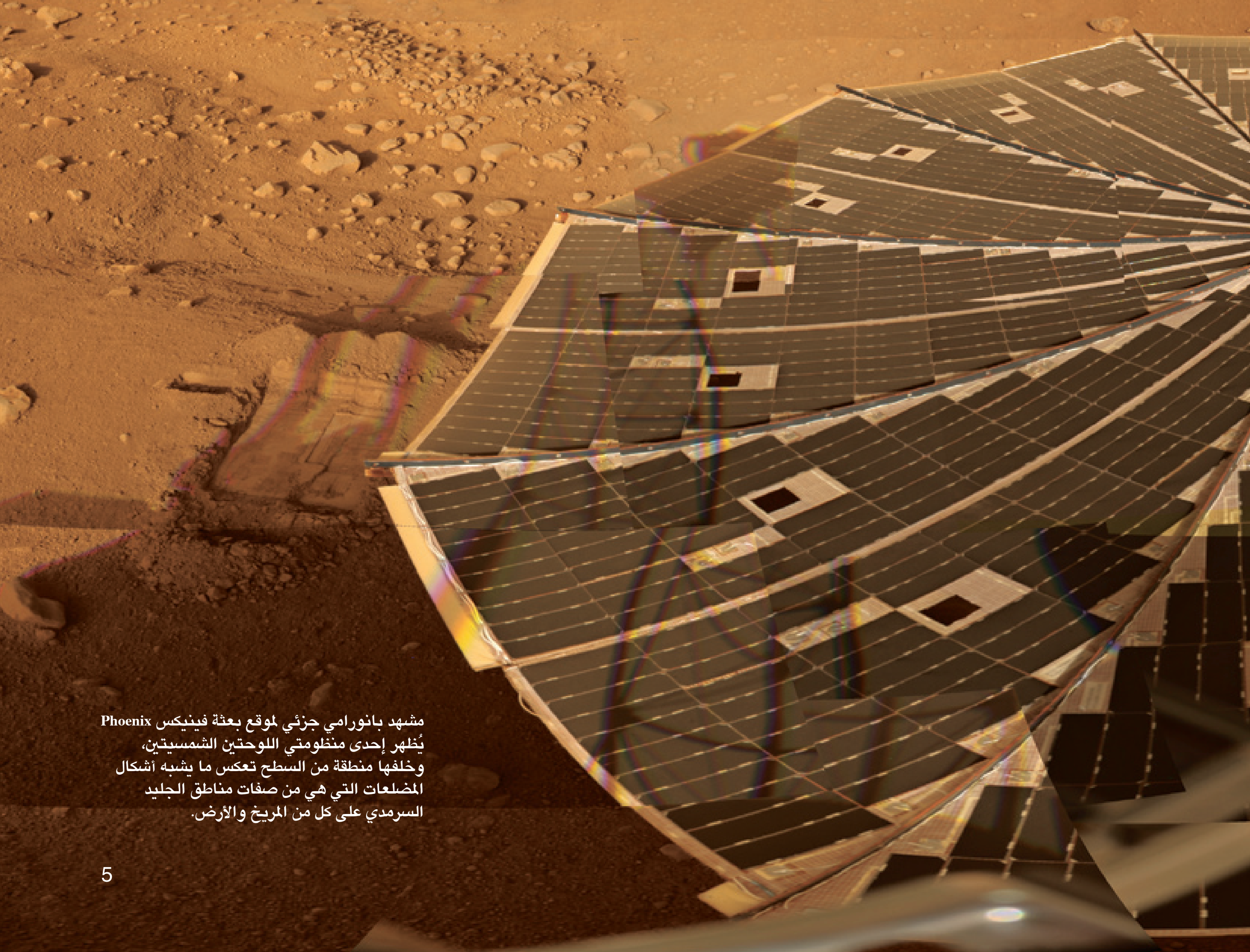
تنويه

في طريق هذه المجلة إلى المطبعة، أذاعت وكالات الأنباء العالمية الخبر المبهر: هبوط المركبة الجوالة (كيوريوزيتي) بسلام على سطح الكوكب الأحمر (المريخ) وذلك بعد ثانية واحدة فقط من موعد هبوطها المتوقع؛ وقد قطعت في رحلتها هذه مسافة 570 مليون كيلومتر.
ويحق للقائمين على هذا المشروع الذي استغرق عشر سنوات أن يفخروا بجهودهم الجبارة التي أدت إلى هذا الإنجاز العلمي والتقاني غير المسبوق.
(التحرير)

تخطط وكالة الفضاء الأمريكية (NASA) لإطلاق أحدث بعثاتها وأكثرها تطورا في الشهر 2011/11 إلى الكوكب الأحمر: وهي بعثة مختبر علوم المريخ (MSL)[١]. وبعد هبوط درامي في فوهة گيل Gale Crater باستخدام رافعة سماوية skycrane لعملية الإنزال الأخيرة، ستندفع المركبة المسيَّرة بالطاقة النووية قرب أحد أغنى مكامن الغضار وأملاح السلفات (الكبريتات) على الكوكب - التي هي بقايا حقبة، كان المريخ خلالها غنيا بالمياه وكانت الأنهار خلالها تكوِّنُ شبكات من الوديان على سطحه.

وبحجمها الذي يَقرُبُ من حجم سيارة صغيرة، سوف تمضي المركبة الجوالة (واسمها كيوريوزيتي)[٢] عاما مريخيا وهي تستكشف قاعدة الذروة المركزية في الفوهة - التي يعتقد أنها أقدم أجزائها عمرا. وإذا وافقت الوكالة NASA على تمديد عمل بعثتها، فستبدأ المركبة كيوريوزيتي بتسلق ركام يملأ مركز الفوهة، ارتفاعه خمسة كيلومترات، لترتفع معه إلى أعلى سلم الزمن الجيولوجي نحو مكامن رسوبية توضعت في الحقبة الحديثة، ولتمعن في دراسة العناصر المعدنية المائية طبقة تلو أخرى. تستطيع ذراع إنسالية[٣] robotic على الجوالة أن تحصل على عينات وتلقمها مختبرا كيميائيا على متن المركبة من خلال منفذ في أعلاها. وفي

(١) Mars Science Laboratory
(٢) Curiosity
(٣) إنسالية: نسبة إلى إنسالة وهذه نحت من إنسان-آلي. (التحرير)



مشهد بانورامي جزئي لموقع بعثة فينيكس Phoenix يُظهر إحدى منظومتي اللوحتين الشمسيتين، وخلفها منطقة من السطح تعكس ما يشبه أشكال المضلعات التي هي من صفات مناطق الجليد السرمدي على كل من المريخ والأرض.



المؤلف

Peter H. Smith

أستاذ علوم الكواكب في جامعة أريزونا. في شبابه قام باستكشاف افتراضي للنظام الشمسي كقارئ خيال علمي نهم. وبتحويل هذا الحب المبكر إلى عمل وهواية، فقد أسهم في إنجاز بعض أشهر البعثات **الإنسالية** robotic إلى الكواكب، بدءا من مسبار أعماق الفضاء پايونير ١١، إلى بعثات سوجورنر وسپيريت وأبورتشونيتي الجوالة. وقد منحته الوكالة NASA في عام 2010 ميدالية الإنجاز العلمي الاستثنائي.

الداخل، ستقوم أجهزة تحليل بتعيين البنى المعدنية والتركيب العنصري للعينات. ويمكن لهذه المعدات أن تتحسس أيضا المواد العضوية، وستحاول تحديد ما إذا كان المريخ صالحا للحياة فيما مضى.

إن بعثة مختبر علوم المريخ هي خطوة منطقية في سياق تلاحق البعثات المريخية عبر الخمسة عشر عاما الماضية، وهي تعتمد على أسس أرستها اكتشافات جوالات سوجورنر وسپيريت وأپورتشونيتي[1]، وأحدث مركبة هبوط، هي فينيكس. لقد كشفت هذه البعثات، إضافة إلى سلسلة من المرْكبات المدارية، عالما بالغ التعقيد تشابكت أحداث تاريخه، بما في ذلك حقبة منصرمة من الأمطار والبحيرات[2]. وحتى في حالته المتجمدة والجافة الحالية، فالكوكب يُظهر إشارات تدل على نشاط ما. ومن بين أكثر هذه الإشارات إثارة وغموضا، تلك الآثار الضئيلة التي تدل على وجود غاز الميثان فوق منطقة Nili Fossae. لقد دفعت هذه الإشارات علماء الكواكب إلى الانخراط في جدل حول منشأ هذا الغاز، إذا كان وجوده حقيقيا. فهل مَنْشَؤُه جيولوجي أو بيولوجي؟ [انظر: «سر الميثان على المريخ وتيتان»، **العلوم**، العددان 10/9(2007)، ص 4]. وفي هذا العام (2011) كشفت المركبة(MRO)[3] المدارية خطوطا سطحية على الكوكب، وأسهل تفسير لها هو أنها انبعاث موسمي لماء مالح.

ولكن ما يخالف جميع هذه العجائب، النتائجُ الصارخة لمركبتي الهبوط التوأم ڤايكنگ في عام 1976. فقد وجدت المركبتان أن المريخ مكان معادٍ جدا لأي كائن حي: إذ غاب الماء والجزيئات العضوية عن عينات التربة، فضلا على وجود ميكروبات هاجعة فيها. وقد أدى وجود **مؤكسدات** oxidants قوية جدا، مثل **بيروكسيد الهدروجين**[4] والإشعاع فوق البنفسجي الشديد، إلى تعقيم سطح الكوكب. لذا فقد بدا لمعظم العلماء أن البحث عن الحياة على المريخ بدأ وانتهى ببعثتي ڤايكنگ.

كيف نوفق بين هذا التقييم الكئيب وبين عجائب الكوكب التي لا شك فيها؟ ربما تكمن الإجابة في بعثة فينيكس. فقد أوحت تجاربها الكيميائية على تربة المريخ، التي هي الأولى منذ بعثة ڤايكنگ، بتفسير بديل لنتائج ڤايكنگ السلبية: إذ يحتمل أن هذه البعثة لم تكتشف وجود جزيئات عضوية، لأن طريقتها في التحليل أتلفتها دون قصد. لقد وجدت المركبة فينيكس أيضا جليد ماء قريبا من السطح، وهو ما افترض وجودَه سابقا علماءُ الكواكب، ولكن دون رؤيته مطلقا في الواقع. وعلى الرغم من جفاف جارنا المريخي وقحله، فربما مازال صالحا للحياة فعلا.

ومع إدراكنا واستيعابنا لمضامين ذلك، ومع تأهب مركبة أخرى لمتابعة الأبحاث، فهذا الوقت يبدو مناسبا لمراجعة موقفنا المتقلب تقنيا وعاطفيا لإعداد بعثة فضائية تبحر بين الكواكب، ومراجعة الأسباب التي أدت إلى اعتبار بعثة فينيكس وكأنها لم تحدث تقريبا.

نهوض من الرماد(*)

هاكم حادثة لا تتكرر كل يوم، وهي أن يتصل بك أحدهم ويعرض عليك تقديم مركبة فضائية مجانية. ولكنّ هذا حدث في وقت مبكر من عام 2002، إذ قام عدة علماء في مركز أبحاث إيمس التابع للوكالة NASA[5] بفعل هذا تماما. فقد ذكّروني حينها أن صندوقا طوله 10 أقدام يوجد في الغرفة

(*) OUT OF THE ASHES
(١) the Sojourner, Spirit and Opportunity
(٢) انظر: "*The Red Planet's Watery Past,*" by Jim Bell; *Scientific American*, December 2006
(٣) the Mars Reconnaissance Orbiter
(٤) hydrogen peroxide
(٥) the NASA Ames Research Center

باختصار

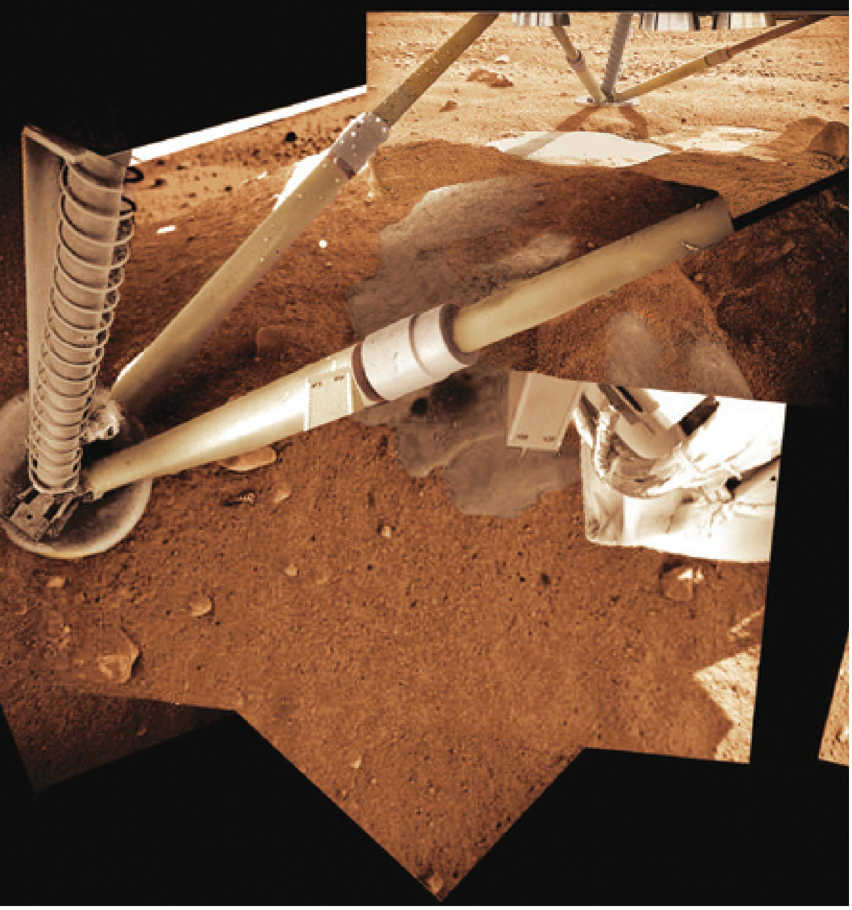
بعد تأخر امتد عامين، ها هو مختبر علوم المريخ MSL يبدو جاهزا للانطلاق في الشهر 2011/11، حاملا معه أحدث شحنة معدات لتحليل تربة السطح ترسل إلى المريخ.

أما المشكلات التي سيتعامل معها المختبر، فقد حُددت جزئيا من قبل بعثة فينيكس لعام 2008، التي كشفت أن التربة المريخية ربما لم تكن معادية تماما للكائنات الحية، بقدر ما أوحت به بعثة ڤايكنگ في عام 1976.

إن بعثة فينيكس لم تكتشف فقط مواد اشتبه علماء المريخ دوما بوجودها دون رؤيتها مطلقا، مثل جليد ماء تحت سطحي وكربونات الكالسيوم – بل اكتشفت أيضا ما هو غير متوقع، بما في ذلك **فوق الكلورات** perchlorates وكسف ثلجية رقيقة.

المعقمة في شـركة لوكهيد مارتن بدنفر، ويحتوي على المركبة سيرڤيير Surveyor الفضائية محفوظة فيه. وفي عام 2001 كان مقررا إطلاق هذه المركبة، ولكن الوكالة NASA ألغــت الرحلة بعد فقدان توأمها، المركبة مارس بولار لاندر (MPL)[1]، أثناء عملية هبوطها على ســطح المريخ في الشـــهر 1999/12. مثّل فقدان المركبة صدمة شـــديدة للوكالة، وهي خسارة حدثت بعد أسابيع فقط من اختفـــاء المركبة مارس كلايمت أوربتـــر (MCO)[2] المداريـــة أثناء تنفيذها منـــاورة الدخول في مدار حول الكوكـــب؛ وافترضت الوكالـــة أن المركبة تحطمت. كان الأمر صدمة لي شخصيا أيضا: فأنا من ترأس الفريق الذي صَمَّم وصنع كاميرا المركبة.

لقد أراد علماء مركز إيمس أن يعيدوا إحياء المركبة سيرڤيير كجزء من البرنامج Scout الاستكشافي الجديد التابـــع للوكالـــة NASA، وطلبوا إليّ أن أكـــون العالم الرئيسي. لقد أذهلني هذا الطلب، لذا ترددت في القبول. فمشاركاتي سابقا في عمليات استكشاف كواكب طوال أكثر من عشر سنوات، كنت خلالها أسافر باستمرار، وأعقد اجتماعات لا تنتهي، وأرد على مكالمات هاتفية لا تتوقف - كل هذا أفقدني الشعور بالإثارة، وأبعدني عن الأبحاث العلمية التي تدربت عليها.



بعد أسبوع من هبوطها، رصدت المركبة مارس فينيكس - وهي تحدق أسفلها - لطخات بيضاء ناعمة ربما كانت جليد ماء تكشف عندما أزاحت محركات هبوط المركبة الغبار بعيدا. (أمامية الصورة foreground مشوهة. تقف فينيكس فوق أرض مستوية تقريبا).

وأكثـــر من ذلـــك، فعندما عُرض عليّ هـــذا العمل لم يكن المشروع الجديد قد حَظِيَ بتمويل، ولا بمدير تخطيط، ولا بدعم من مؤسســـة كبيرة، ولم يبق سوى بضعة أشهر على الموعد المحدد لإرسال البعثة. ومع ذلك، فقد تملكتني رغبة جامحة لقيادة فريق يقوم باكتشاف تلك الأدلة السحرية، وفك الرموز المعقـــدة التي أربكت أبحاث المريـــخ، علما بأنني لم أعتقد قطُّ بصحـــة نتائج مركبتي الهبوط ڤايكنگ. إذ كيف أمكن لهما ألا تجدا مـــادة عضوية؟ هل يمكن لهذه المادة أن تبقى خفية إلى أن تتمكن بعثة جديدة، ذات تصميم مناسب، من اكتشافها؟

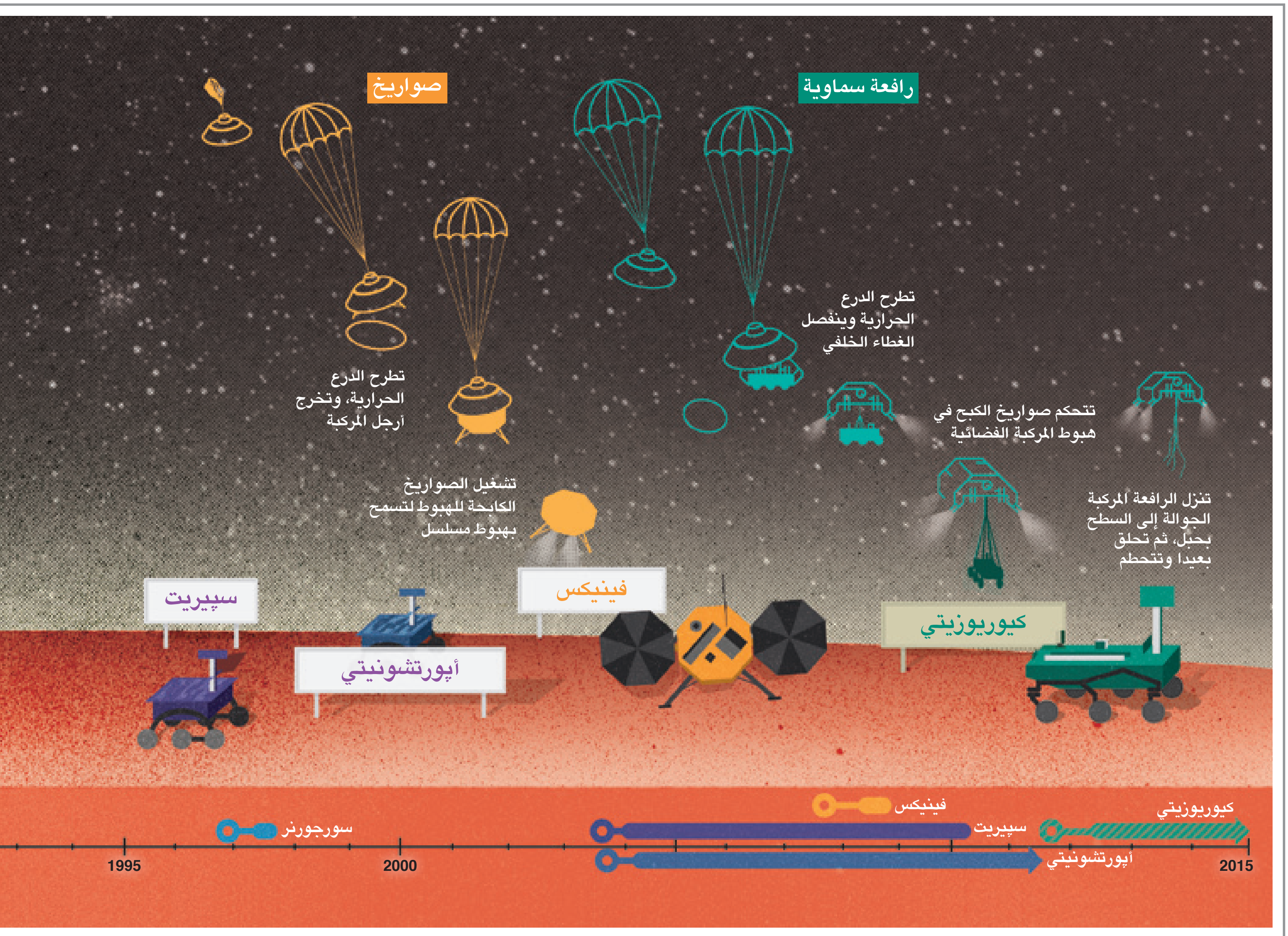
ظللت في صراع مع نفسي طوال أسبوعين. كان عليّ أن أحدد أهدافا علمية مهمة للبعثة. لقد صُمِّمَت المركبة سيرڤيير كَيْ تهبط قرب خط اســـتواء الكوكب، وتأخذ عينات من تربة المريخ بذراع **إنســـالية** robotic، وتطلق مركبة جوالة صغيرة تقوم بتحليل الصـــخور القريبة. وحملت المركبة أيضا معدات علمية أريد منها الإعداد لبعثة بشـــرية في النهاية. ولكننا لم نستطع إضافة مشروع الجوالة إلى موازنة المشروع Scout الاستكشـــافي، ولم يكن علينا الإعداد لبعثات بشـــرية. لذا كان ممكنـــا للمعدات الجديدة أن تحـــل محل القديمة. ولكن الاختيار ســـيعتمد على أهدافنا العلمية الأساســـية التي لم تكن قد حددت بعد.

عنـــد هذه النقطـــة، وبتزامـــن رائع، أعلـــن <W. بوينتون> [زميلي في جامعة أريزونا] اكتشاف جليد مائي تحت السطح في المناطق المحيطة بالقلنســـوة القطبية الجنوبية للمريخ. قاد <بوينتـــون> الفريق الذي بنى وشـــغّل **مقياس طيف أشـــعة گامـــا** gamma-ray spectrometer على المركبة مارس أوديسي[3] المدارية، وهي آلة لا تلتقط إشعاع گاما فقط، بل **النترونات**[4] أيضـــا، التي تخترق أماكن تركيز الهدروجين في المتر الأعلى من تربة الكوكب. لقد رصدت هذه الآلة أيضا، إشارات ضعيفة إلى وجود ماء في السهول الشمالية، بما في ذلك جزء صغير من تربة غنية بجليد الماء توجد عند أقصى امتداد لقبعة جليد ثنائي أكسيد الكربون الشتوية. (تزداد وتنحسر مساحة هذه القبعة الجليدية بتعاقب الفصول.) قمت بوضع علامة X على خريطتي لتمييز هذه المنطقة، وبدأت فورا باختيار الآلات التي يمكنها متابعة هذا الاكتشاف.

لكوكـــب الأرض منطقة من الجليـــد الدائم تحيط بالمنطقة

---

(١) the Mars Polar Lander
(٢) Mars Climate Orbiter
(٣) Mars Odyssey
(٤) neutrons



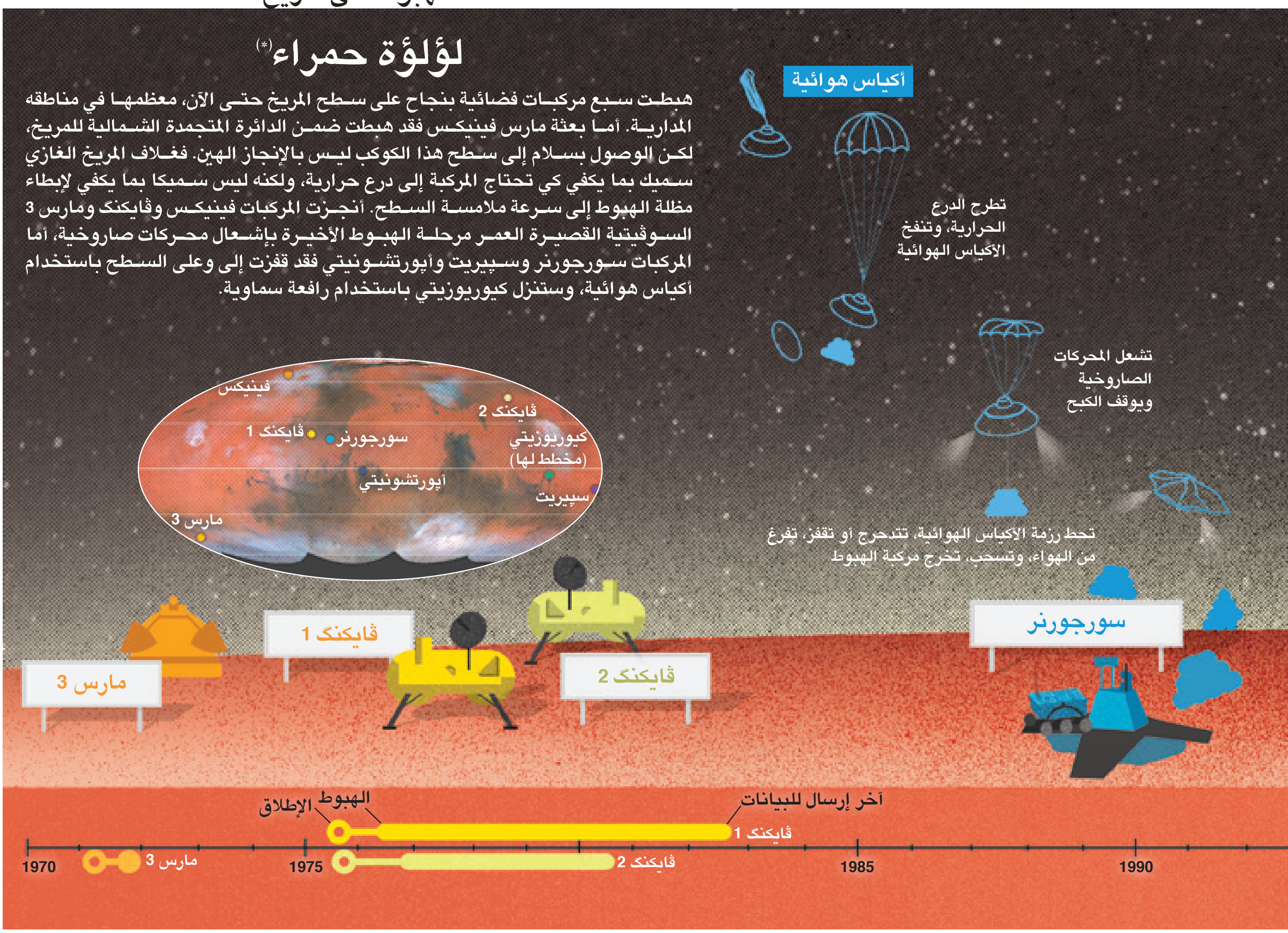
القطبية الشمالية، مشابهة لما هو على المريخ. إنها ثلاجة الكوكب التي تحفظ الدلائل المميزة لأشكال الحياة التي وُجِدت هناك. يمكن أن يكون عمر هذا الجليد مئات الآلاف من السنين. لقد سمعت في مؤتمر مخصص لقطبي المريخ أن <E. ڤيلرسليڤ> [من جامعة كوبنهاگن] أجرى تحليلا **لدنا** DNA عينات أخذت من جليد **المجالد**[1] في جزيرة گرينلاند ومناطق الجليد الدائم في سيبيريا، واكتشف تنوعا هائلا من النباتات والحيوانات و**متعضيات** organisms أخرى. تُرى، هل يمكن أن يكون الأمر ذاته صحيحا في المريخ الذي ربما يبلغ عمر جليده عدة ملايين من السنين؟

قمت بإنشاء شراكة بين جامعة أريزونا، ومختبر الدفع النفاث (JPL)[2] التابع للوكالة NASA، وشركة لوكهيد مارتن. وقد أطلقنا على بعثتنا اسم فينيكس Phoenix، لأننا كنا نعيد بعثة سيرڤيير الملغاة إلى الحياة ثانية، كما حدث لطائر فينيكس الأسطوري. هكذا بدأت المحنة التي امتدت عاما ونصف العام لكتابة مقترحات، والتنافس مع تصورات ومقترحات 20 بعثة أخرى، بلغت ذروتها مع زيارة ميدانية دامت 8 ساعات من قبل لجان المراجعة في الوكالة NASA. وفي الشهر 2003/8، اختارتنا الوكالة NASA لنكون أول بعثة استكشافية للمشروع Scout إلى المريخ. وقد مَنَحَنا تاريخ الإطلاق المحدد في الشهر 2007/8، أربع سنوات للإعداد.

حمى الرادار[*]

أخرجنا المركبة الفضائية من صندوقها، وبدت مثل فراشة عملاقة، امتلأ جسدها بمعدات علمية، وشابه لوحاها الشمسيان الكبيران جناحين ممدودين. ووقفت على ثلاث أرجل؛ وبرزت زائدتها الوحيدة - التي هي الذراع الإنسالية الآلية - من جانبها.

(*) RADAR FEVER
(1) glaciers
(2) Jet Propulsion Laboratory



أمضينا السنوات الأربع التالية في إجراءات تفحص وإعادة هندسة وإعادة فحوص واختبارات لاكتشاف أخطاء التصميم التي فتكت بشقيقتها السابقة. وبوجه عام، وجدت الفرق الهندسية في لوكهيد مارتن ومختبر الدفع النفاث JPL، نحوا من 25 عيبا رئيسا. وعلى الرغم من مشقة عملية إزالة جميع هذه الأخطار، إلا أنها كانت لاتزال أسهل وأرخص تكلفة من بناء مركبة فضائية من لا شيء، وهي عملية ستحمل مخاطرها الخاصة بها. جرى إصلاح معظم هذه العيوب بسهولة بإضافة أدوات تدفئة، وتقليص حجم المظلة، ودعم بنية المركبة. وتطلّب بعضها تعديلات في البرامج الحاسوبية. ولكن عيبا معينا استعصى على الفهم أو المعالجة بذات الدرجة من السهولة.

أخفق رادار الهبوط في الاختبارات، ولم يعد الصانع يقدم دعما فنيا له، علما بأنه لم يتبق سوى أشهر قليلة للإطلاق.

كان رادار هبوط المركبة قطعة أخذت من طائرة مقاتلة F-16 تعود إلى أواخر عقد التسعينات. وعندما أجرينا اختبارات هبوط في صحراء موكافي، ارتكب الفريق أخطاء حرجة في قراءة الارتفاع، وعانى قصورا في قراءة معطيات الرادار في لحظات غير مناسبة. وبغية معرفة وإدراك آليات عمل الرادار الداخلية، قمنا بالتشاور مع ‹هونيويل›، الذي قام بتصميم الرادار. وعلى الرغم من رغبة الشركة في مساعدتنا، فإن هذا النموذج القديم لم يعد يقدم أي خدمة فنية إضافية: إذ ترك الفنيون الذين صمموه عملهم، وكانت سجلات مخططاته مجرد رسوم مسوَّدة على الورق.

قمنا بتكوين فريق شجاع من المهندسين من شركة لوكهيد مارتن، والمختبر JPL و‹هونيويل›، ومركز أبحاث لانگلي التابع للوكالة NASA[1]. وبجمع نماذج المحاكاة الحاسوبية مع اختبارات أخرى، نجح الفريق بالمضي وببطء بتخطي متاهة

(*) Red Peril
(1) the NASA Langley Research Center



يشمل غلاف التحليق الخاص بمختبر علوم المريخ MSL، الذي خطط لإطلاقه في الشهر 2011/11، درعا حرارية أكبر من التي زودت بها كبسولات أپولو.

الشذوذات وأصلح العيوب. وفي الشهر 2006/10، أجرينا اختبارا تكلل بالنجاح، وبدا كل شيء على ما يرام.

ولكن آمالنا تلاشت ثانية. فقد اكتشفنا أن الانعكاسات المرتدة عن الدرع الحرارية المطروحة يمكن أن تشوش عمل الرادار وتحدث خطأ حسابيا خطيرا في قراءة الارتفاع. تبين لنا، أيضا، أن عمل الهوائيات ومفاتيح التحويل عرضة للفشل. وبدت المشكلات من دون نهاية. وفي الشهر 2007/2، أي قبل 5 أشهر من موعد وضع المركبة الفضائية في عربة الإطلاق، كنا نحقق في 65 خطأ.

من دون رادار موثوق، سيكون إرسال المركبة موضع شك. لذا قامت لجان المراجعة في الوكالة NASA بمتابعة الوضع عن كثب، وأبدت قلقها من استمرار اكتشافنا أخطاء جديدة.

ومن ناحية أخرى، كانت درجة خطورة هذه الأخطاء تتراجع. ومع حلول الشهر 2007/6، استطعنا إقناع لجان المراجعة، ومديرينا في الوكالة NASA، أن درجة المخاطر المتبقية كانت مقبولة. ومع ذلك، فقد بدا الأمر أشبه بمغامرة. فلو تواصل اكتشافنا نقاطَ ضعف إلى حين تاريخ الإطلاق، فربما يكون هناك مزيد منها كامنا داخل المنظومة.

فينيكس في السماء(*)

في الشهر 2007/8، أنهينا الاختبارات الأخيرة في مركز كنيدي الفضائي، وتهيأنا لوضع المركبة على متن الصاروخ دلتا II (Delta II). ثم جاءت لحظة أتمنى نسيانها. فحين كانت الرافعة ترفع المركبة إلى رأس الصاروخ الذي ارتفاعه 130 قدما (40 مترا تقريبا)، هبت عاصفة برق هوجاء، وألزمت إجراءات الأمان الفنيين بإخلاء برج التجميع. كانت المركبة الفضائية، بأجزائها الإلكترونية الحساسة والضعيفة الوقاية، والمعلقة على ارتفاع 60 قدما (18 مترا تقريبا) فوق الأرض، تتعرض لعاصفة صيفية مرعبة.

بعد انتهاء العاصفة، قمنا بإعادة المركبة إلى مبنى التجميع، وأخذنا نفحصها بحثا عن أذى ربما لحق بها. وقد حدثت معجزة عندما لم نجد فيها ضررا حلّ بها.

وفي وقت مبكر من يوم 2007/8/4، بدأ العد التنازلي للإطلاق. اندفعت خارجا من الحرم الداخلي لغرفة التحكم لمشاهدة الإطلاق مباشرة. كانت الساعة 5:15 صباحا، وكانت النجوم تُرى بوضوح. بدا المريخ ساطعا في جهة الشرق. وفجأة أضيئت المباني كلها كما لو أن الشمس أشرقت. وبصمت، أخذ الصاروخ يندفع في السماء لعدة ثوان وكانت المنطقة مضيئة لدرجة تكفي لقراءة كتاب ورؤية الألوان. وبعد ثلاثين ثانية من الإطلاق وصلني صوت الإطلاق، ضاغطا على صدري بموجات ناتجة من دويِّه. كانت الصواريخ الصلبة الستة تطرح وتنفصل، مثل ألعاب نارية، لتسقط بعدئذ في مياه الأطلسي، ثم تشتعل الصواريخ الثلاثة المتبقية. أصبحت فينيكس في طريقها إلى المريخ. وأدركت حينها أنني لم أنعم بلحظة راحة منذ وقت طويل.

(*) PHOENIX IN THE SKY

انتهت عملية الإطلاق في مدة دقيقتين، ولم يبق منها سوى أثــر دخان نار الصاروخ في الســماء المعتمة. عدنا إلى غرفة التحكم لتنــاول وجبة خفيفة وفنجان قهــوة. حملت فطيرتي، وعدت أتجول خارجا لأشاهد شروق الشمس. كان هناك شيء مــا غير عادي يحدث في الســماء. ولم أتبينــه إلا بعد بضع دقائق. كان أثر دخان الصاروخ يدور مع رياح أعالي الغلاف الغازي التي أضاءتها الشــمس المشــرقة. فــي تلك اللحظة، تكشــفت لي الصورة: كان أثر الدخان يشــكل صورة مماثلة لطائر الفينيكس. اســتطعت تمييز المنقــار والجناحين، وذيل طويــل يخفق باتجاه الخلف ثم إلــى الأمام فوق رأس الطائر، كما نرى في الرســوم الصينية. لم يسبق لي مطلقا أن دهشت إلى هذا الحد من شــكل سحابة. هل يمكن أن تكون هذه فألا حســنا يدل على أن رحلتنا إلى المريخ ستكلل بالنجاح؟ امتلأ قلبي بالمشاعر والعواطف. أما الفطيرة فقد نسيتها.

الهبوط على التربة(*)

بعد عشرة أشهر من الإطلاق، كانت الفرق الهندسية في مختبر الدفع النفاث وشــركة لوكهيد مارتن تســتعد لإجراء مناورات الهبوط المعقدة. لقد اجتازت المركبة فينيكس مســافة 600 مليون كيلومتر، وبدأت تشــعر بجــذب قوة ثقالة المريــخ. كان توقيت الأحداث محســوبا مقربــا إلى ثانية واحــدة. وكانت المركبتان أوديسي ومارس ريكونيســانس أوربتر المداريتان[1] قد ضبطتا مداريهما ونسقتا تحليقهما، لتكونا فوق فينيكس أثناء هبوطهما لتنقلا بث إشارات فينيكس في الزمن الحقيقي (تتأخر الإشارة اللاســلكية زمنا قدره مدّة انتقــال الضوء إلى الأرض بنحو 15 دقيقة). كان كل شيء جاهزا، وكان بدء تنفيذ الخطة يجري بدقة كاملة. ولكن، ما هو السبب في هذا القلق الذي ينتابني؟

إن عمليــة الهبوط على المريــخ أعقد بكثير من الهبوط على القمــر أو الأرض. إذ يجب أن تنجز المركبة خمس خطوات من التغيير بالتسلسل: فهي تبدأ كمركبة تبحر بين الكواكب، وبعد إنهاء مرحلة الإبحار هذه، تهيئ المركبة ذاتها للتحول إلى عربة دخول قادرة على تحمل حرارة الاحتكاك أثناء اقتحام الغلاف الغازي للكوكب بسرعة 20 ألف كم/ساعة تقريبا. وعندما تبطئ المركبة سرعتها إلى 1500 كم/ساعة، تقوم بتحرير مظلتها من الغلاف الواقي الخلفي. وفي غلاف غازي رقيق كغلاف المريخ، فإن أفضل ما تفعله المظلة هو إنقاص سرعة هبوط المركبة إلى 150 كم/ساعة، وهي سرعة كبيرة جدا لعملية هبوط آمن. وعلى ارتفاع 1 كم فوق الســطح، تنفصل مركبــة الهبوط عن المظلة وعن الغلاف الواقي الخلفي، لتندفع بحركة ســقوط حر. ومن ثم تقوم محركات كبح صاروخية، عددها اثناعشر بإبطاء هبوط المركبة إلى ســرعة نهائية تعادل وتيرة مشي سريع، وتلامس السطح أسفلها، لتمتص قوائم انضغاطية ذات تصميم خاص صدمة الهبوط على الســطح. وأخيرا، يجب أن تنشــر المركبة بنجاح ألواحها الشمسية ومعداتها كي تبدأ بعثتها السطحية. كل هذا يحدث في سبع دقائق.

أثناء قيامي بالمراقبة من غرفة التحكم في المبنى رقم 230 في مختبر الدفع النفاث، حبســت أنفاسي مع اقتراب موعد عملية الهبوط على ارتفاع 1 كم فوق السطح. ازداد توتر الأعصاب في الغرفة مع تذكرنا جميعا الرادار ومشــكلاته، وخسارة مارس بــولار لاندر. كان على محركات الهبــوط الصاروخية أن تبطئ ســرعة هبوط المركبة إلى 10 كم/ســاعة، وتخفض أي ســرعة جانبيــة إلى أقل من متر واحد في الثانية، مع إبقاء ظهر مركبة الهبوط موازيا لســطح الكوكب. وخلال الاجتماعات التمهيدية، أخــذ مدير بعثتنــا <J. گوين> يمزح قائلا إنــه في حال إخفاق محــرك صاروخي واحد، فســتوصلنا المحركات الأحدعشــر الأخرى بســلام إلى موقع تحطم المركبة. لم يعد مثل هذا المزاح المرعب لطيفا، فقد حانت لحظة الحقيقة.

قــام أحــد مهندسينا، بالاســتعانة بالرادار، لقراءة المســافة التي تفصل المركبة عن سطح المريخ، وذلك بِعَد تنازلــي: 1000 متر، 800 متــر، 600 متر. واعتقدت أن المركبة كانت تقترب من الســطح بســرعة كبيرة، وأننا لا نســتطيع الهبوط بســلام بهذه السرعة. اجتازت فينيكس عتبة ارتفاع الـ 100 متر، ثم تغير كل شــيء. صار الآن العد التنازلي كما يلــي: 90 متــرا، 80 مترا، 75 مترا. لقد بلغنا ســرعة الهبوط المناسبة لملامسة السطح! وسرعان ما جاءت إشارة من سطح الكوكب وعندها ضجت الغرفة بهتافات الفرح.

بدت الســاعتان التاليتــان، اللتان انتظرنــا فيهما دوران أوديســي المدارية حول المريــخ لتعود فوق مركبــة هبوطنا، وكأنهمــا تمتدان أبــدا. ولكن، في النهايــة، أمكننا تأكيد أن فينيكس نشــرت بطريقة مناسبة ألواحها الشمسية، والتقطت صورهــا الأولى. كانت مشــاهدتنا الأولــى للمنطقة القطبية المتجمدة المريخية ســحرا. فبعد ســت ســنوات من الإعداد، صرنا قادرين أخيرا على بدء العمل في البعثة العلمية.

الكوكب مكسو بالطين كليا تقريبا(**)

بــدأ فريقنــا المكون مــن 35 عالما و 50 مهندســا و20 طالبا، بــالعمــل ليــلا نهــارا. وبغيــة زيــادة كفــاءة العمــل، فقــد عمــل الفريــق نــوبتــين علــى مــدار 24 ســاعــة و40

(*) HARROWING LANDING
(**) ALMOST FOILED BY CLODS
(1) Odyssey and Mars Reconnaissance Orbiter

دقيقة، وهذا طول اليوم الشمسي للمريخ. هكذا صار هذا اليوم المريخي[١]، هو يومنا؛ وأخذ زمن فريقنا ينزاح بعيدا عن زمن الأرض الطبيعي، ودخلنا في مرحلة فترات فاصلة تتباعد دوما.

جاءت أولى مفاجآتنا السارة حتى قبل أن تحفر الذراع الآلية (الإنسالية) خندقها الأول. وللتوثق من حالة مسند القائم الخلفي للمركبة، قمنا بضبط زاوية الذراع الآلية (الإنسالية) لتمتد أسفل المركبة، فكشفت الكاميرا أن محركاتها الصاروخية الكابحة أزاحت جانبا ما يقرب من 5 سنتيمترات من التربة الجافة، لتكشف عن بقع ساطعة في التربة يحتمل أنها جليد [انظر الشكل في الصفحة 6]. لم تستطع الذراع أن تصل إلى عمق أكبر أسفل المركبة لمزيد من التقصي، ولكنها زادت من توقعاتنا مما يمكن لأول خندق أن يكشفه.

وحين بدأت الذراع تغرف التراب، كشفت عن طبقة ناصعة. راقبنا هذا الموضع عندما كانت نواتج الحفر في هذه الطبقة تختفي خلال ثلاثة أو أربعة أيام مريخية. ومع أن هذه الطبقة بدت جليد ماء تصعّد، فقد كان علينا أن ننتظر نتائج تحليل الأداة (TEGA)[٢] (جهاز تحليل الحرارة والتحول الغازي) كي نكون واثقين بذلك. كان الاحتمال الثاني، وهو أن يكون الجليد هو ثنائي أكسيد كربون متجمد تبدد بسرعة، وذلك بسبب ظروف الحرارة المحيطة التي بلغت 30 درجة مئوية تحت الصفر. وقد أثبتت الأداة TEGA لاحقا أن مادة تلك الطبقة المتكشفة كانت جليد ماء. وهذه أول مرة يثبت فيها وجود جليد الماء على المريخ، لتتأكد بذلك صحة قياسات أوديسي المدارية.

والآن، بعد انكشاف سطح طبقة الجليد، أدركت أن كامل المشهد المحيط بالمركبة (وعلى الأرجح كلتا منطقتي القطبين) لم يكن السهل الجاف شبه الصحراوي الذي بدا لنا سابقا، بل حقل جليد لا يعرف عمقه. ولتحديد ما إذا كان هذا الجليد تعرض للذوبان في أي وقت سابق، فقد حملت المركبة على متنها ثلاثة أجهزة لتحليل التربة: الأداة TEGA، التي تتكون من ثمانية أفران صغيرة متصلة بمقياس **الطيف الكتلي**[٣] لكشف تركيب الغازات المنطلقة من عملية تسخين عينة؛ ومختبر الكيمياء الرطبة (WCL)[٤]، الذي أضاف ماء (جُلِب من الأرض) إلى عينة تربة مريخية، وقام بتحليل الأيونات التي دخلت المحلول؛ ومجهر. لقد توقعنا توافقا بين قياسات الأداتين TEGA و WCL، عندما كشفتا عن الطبيعة المعدنية والكيميائية للتربة، كل بمعزل عن الأخرى.

كانت المهمة ذات الأولوية القصوى هي دراسة كيمياء التربة بحثا عن دلائل على وجود ماء سائل، فضلا على المواد المغذية ومصادر الطاقة اللازمة للمتعضيات. حاولنا أيضا تحديد البنية العمودية للتربة بدءا من الطبقات العليا، نزولا إلى طبقة التقاء التربة بالجليد. كان على الذراع أن تجمع العينات وتضعها في منافذ التحليل على متن المركبة. من حيث المبدأ، كانت العملية سهلة، وكأن طفلا يضع رملا في دلو. وعلى أي حال، فإن فعل هذا من مسافة 300 مليون كم أثبت أنه إجراء مشوب بالتحديات. وحيث إنه كان يوجد لدينا في مركز عملياتنا في مدينة تكسن منشأة اختبار فيها نسخة مطابقة من الذراع الآلية والكاميرات ومنافذ العينات لتساعدنا على متابعة العمل، فقد كنا نجرب جميع الأوامر قبل إرسالها إلى المركبة على المريخ؛ إلا أننا لم نستطع استنساخ صفتين من صفات المريخ: رياحه وخصائص تربته.

بدت التربة المريخية صدئة، خلافا لتربة أريزونا الطرية التي تمرنّا عليها. ونتيجة لذلك، فقد امتلأت المغرفة في طرف الذراع الآلية بكتل طين دبق. أثبتت المناخل الموجودة على منافذ العينات، التي أريد منها منع دخول الحصى، أنها ذات فاعلية كبيرة للغاية في منع دخول قطع متكتلة من التربة أيضا. جمعت الذراع الآلية بنجاح أول عينة لها على منخل (فلتر) مدخل على الأداة TEGA، ولكنها احتاجت إلى أربعة أيام مريخية كي تتمكن من دفع مادة كافية بحركة اهتزازية إلى داخل الفرن. وفي غضون ذلك، كان أي قدر من الماء لم يحجز بإحكام قد **تصعّد**[٥] بعيدا.

ومع مرور الوقت، تعلمنا أفضل الطرق للتعامل مع واقع الرياح والتربة الطينية على المريخ؛ فاستطعنا تحليل العينات المأخوذة من عدة أعماق ومواقع في منطقة تنقيبنا. ومع ذلك، فقد ضاعت عينات كثيرة قبل وصولها إلى منافذ التلقيم، لأن الرياح الجانبية القوية دفعتها جانبا، بدلا من دخولها إلى الأداة.

وحين كنا نعلّم أنفسنا كيف نحفر بأفضل طريقة على المريخ، كانت أجهزة استشعار الغلاف الغازي تراكم **بياناتها** data عن أحوال الطقس. ساهمت وكالة الفضاء الكندية[٦] بجهاز ليدار[٧] lidar سمح لنا بقياس الغبار في الغلاف الجوي، وأيضا قياس عمق الضباب السطحي، وارتفاع سحب جليد الماء. وقد سجلت، أيضا، هذه الأداة درجات الحرارة والضغط على السطح. وباختصار، فقد قمنا بمسح بيئة المنطقة من أعلى طبقة الجليد إلى طبقة **التروبوبوز**[٨]، فيما كانت المركبات المدارية تركز بحثها على المنطقة من الأعلى لوضعها جميعا في إطار الصورة.

(١) يسمى أيضا sol
(٢) the Thermal and Evolved - Gas Analyzer
(٣) a mass spectrometer
(٤) the Wet Chemistry Lab
(٥) sublimated
(٦) Canadian Space Agency
(٧) lidar، جهاز شبيه بالرادار
(٨) tropopause

جيد كفاية لنبتة الهليون(*)

كان من بين أكبر مفاجآت البعثة اكتشاف وجود عنصرين غير متوقعين في التربة: كربونات الكالسيوم (بتركيز 5%) وفوق الكلورات[1] (بتركيز 0.5%). ولهذين المركبين أهمية عظيمة لبحثنا عن الحياة.

تتكون كربونات الكالسيوم عندما ينحل غاز ثنائي أكسيد الكربون الجوي في ماء سائل، مكونا **حمض الكربونيك** carbonic acid. يستخرج هذا الحمض عنصر الكالسيوم من التربة ليكوّن الكربونات، التي هي عنصر معدني شائع الانتشار على كوكب الأرض، ونحن نسميه **حجر الكلس** limestone (أو حجر الجير، أو **الطبشور** chalk) بشكله الطبيعي، ونستخدمه منزليا تحت أسماء تجارية متعددة لحماية معدتنا المصابة بالحموضة. قدم مختبر الكيمياء الرطبة (WCL) قياسا للرقم الهدروجيني pH بلغ 7.7، وهذا قدر زائد القلوية بنسبة بسيطة، وهو تقريبا من ذات الدرجة (القلوية) لمياه محيطات كوكب الأرض التي تحميها كربونات الكالسيوم أيضا من الحموضة.

تختلف التربة القلوية في موقع هبوط فينيكس بقدر كبير عما وجدته مركبات أخرى في مواقع هبوطها. وفي الحقيقة، فإن الرقم الهدروجيني pH لتربة الموقع يُماثل الرقم الخاص بماء البحر على كوكب الأرض.

بحث علماء الكواكب عن هذه الكربونات على المريخ طوال عقود، وذلك لأن كثرة الوديان الضيقة، والمعالم شبه النهرية، وقيعان البحيرات القديمة لا تدع سوى قليل من الشك في أن المريخ كان في وقت من الأوقات كوكبا رطبا، وهو أمر يوحي بأن الغلاف الجوي للمريخ كان أسمك بكثير. كان على كامل كمية غاز ثنائي أكسيد الكربون أن تضيع بطريقة ما، وكانت صخور كربونات الكالسيوم هي المرشح الأبرز لهذا الفقدان. وقد قدمت فينيكس أول دليل يشير إلى أنها (أي الكربونات) أحد مكونات التربة. وقد بينت المركبات المدارية منذ ذلك الحين تكشفات صخرية منعزلة من صخور كربونات الكالسيوم، على الرغم من وجود أنماط أخرى منها بدت أكثر انتشارا.

وإضافة إلى كونها مثيرة للاهتمام في حد ذاتها، فإن كربونات الكالسيوم تقدم أدلة أكثر على أن التربة، في موقع هبوط فينيكس، كانت رطبة في الماضي القريب، وربما تفسر أيضا لماذا كانت التربة بهذه الدرجة العالية من التكتل والصدأ: فبإمكان معادنها أن تؤدي على المريخ دور الإسمنت على أرضنا.

تختلف التربة القلوية في موقع فينيكس كثيرا عما وجدته مركبات هبوط أخرى. وبإضافة مزيد من الماء، وزيادة ضغط الهواء يمكن أن تنمو في التربة نبتة الهليون. وفي المقابل، فقد عبرت جوالة أبورتشونيتي أنواعا من التربة، حامضية قديمة وغنية بمركبات السلفات (الكبريتات)، وهذا يشير إلى بيئة كيميائية مختلفة، أكبر عمرا، وتتسم بمعاداتها لصلاحية الحياة.

أما فيما يتعلق بفوق الكلورات، فهذه المادة الكيميائية تصنع على الأرض بصيغة **فوق كلورات الأمونيوم** ammonium perchlorate لاستخدامها مادة مؤكسدة في صواريخ الوقود الصلب - بما في ذلك المحركات الصاروخية التسعة ذات الوقود الصلب على الصاروخ دلتا II الذي أطلق فينيكس إلى الفضاء. وفي مياه الشرب، تعتبر فوق الكلورات غير آمنة إذا كانت بتركيز أعلى من 25 جزءا في البليون. والقول الموجه إلى رواد الفضاء في المستقبل هو توخي الحذر: فتربة المريخ خطرة على الصحة.

ومع ذلك، فإن ما هو سام لنا ليس كذلك للميكروبات. وتنتج العمليات الطبيعية قدرا صغيرا من فوق الكلورات؛ يمكنها أن تتراكم في الصحاري الشديدة الجفاف التي تغيب عنها الرطوبة التي تجرفها في أماكن أخرى. ففي صحراء أتاكاما بتشيلي[2]، يهطل المطر مرة واحدة في العقد، ليمكّن فوق الكلورات هذه من أن تنمو وتزداد. وتتدبر بكتيريا الصحراء أمر معيشتها باستخدام فوق الكلورات والنترات كمصادر طاقة. فهل يمكن أن يكون الحال مماثلا على المريخ؟

لقد أضافت نماذج أبحاث حديثة لطقس كوكب المريخ بأكمله، دراسة ديناميّاته المدارية ومن ضمنها تأرجحات كبيرة في الميل (الزاوية بين مستوي مدار الكوكب ومحور تدويمه)، وذلك لتقدير كيفية تغير مناخ المريخ عبر عشرة ملايين سنة الماضية. وتخضع شدة التسخين الشمسي عند قطبي الكوكب إلى تقلبات كبيرة تمتد من فترة البرودة الحالية إلى فترات دافئة طويلة الأمد. عندئذ ترتفع درجات حرارة الصيف إلى ما فوق نقطة التصعيد **لقبعة الجليد**[3] القطبية، ويختفي الجليد من القطبين ليتكون من جديد على جبال البراكين العالية قريبا من خط استواء الكوكب، لينتج بذلك مجالد كبيرة. وعند هذه

(*) GOOD ENOUGH FOR ASPARAGUS
(1) perchlorate
(2) Atacama Desert in Chile
(3) ice cap

التتمة في الصفحة 31

بوصلة في الداخل(*)

الحاسة المغنطيسية لدى الحيوانات حقيقية. ويقترب العلماء من فهم كيف تعمل هذه الحاسة.

<D. كاستيفيشي>

في عام 2007 ولفترة بدأت كأنها ستة أشهر لانهائية، قضت <S. بيگال> [الباحثة في علم الحيوان بجامعة دوسبيرگ-إيسين في ألمانيا] أمسياتها أمام شاشة حاسوبها، تحدق في صورة الماشية وهي ترعى. كانت تُحمّل صور الأقمار الصنعية لمرعى للماشية من موقع **گوگل إيرث**[1]، وتقوم بوضع علامة على كل بقرة على حدة، ثم تُحمّل الصورة التالية. وبمساعدة المشاركين معها في البحث، وجدت <بيگال> في نهاية الأمر أن المجترات الوادعة كانت تحسُّ بشيء ما. في المتوسط، كانت تميل قليلا إلى توجيه أجسامها بمحاذاة محور الشمال-الجنوب. ولكنها لم تكن تتوجه إلى الشمال الحقيقي، وهو ما كان يمكن أن تحدّده باستخدام الشمس كمرجع. وعوضا عن ذلك، فقد كانت تعرف بطريقة ما كيف توجه نفسها نحو القطب الشمالي المغنطيسي، الذي يحيد في شمال كندا مئات الكيلومترات إلى الجنوب من القطب الجغرافي.

ومن ثم وجدت دراسة تبعت ذلك المزيد من الأدلة على أن الحيوانات الكبيرة مثل الأبقار قادرة على التفاعل مع المجال المغنطيسي للأرض: إذ ينعدم سلوك توجيه الجسم في المناطق القريبة من خطوط الكهرباء **العالية الفلطية** high-voltage (الجهد) التي تطغى على الإشارات الطفيفة الصادرة عن كوكب الأرض.

وحتى عقود قليلة ماضية كانت دراسات مثل دراسة <بيگال> محط الاستهجان. فقد كان الجميع يعلمون أن المواد العضوية لا تستجيب للمجالات المغنطيسية الضعيفة مثل مجال الأرض، وأن الحيوانات غير مجهزة بقضبان مغنطيسية قد تستخدمها كبوصلة. فقد تراجعت فكرة <F. A. مِزْمَر> [من القرن الثامن عشر] القائلة بوجود «مغنطيسية حيوانية» - أي فكرة أن مخلوقات حية تحوي سوائل مغنطيسية في أجسامها - منذ زمن بعيد إلى مرتبة أدبيات الشعوذة.

واليوم يُقِر المجتمع العلمي بأن بعض الحيوانات تستقبل وتستجيب للمجالات المغنطيسية، وأن القدرة على القيام بذلك بالنسبة إلى العديد منها يجب أن يكون مساعدا على بقائها، ولكن تفسير لماذا تحتاج الماشية إلى أن توجّه أجسامها مغنطيسيا لا يزال غامضا. إلا أن تلك الحاسة قد وُثِّقت جيدا في عشرات الأنواع - بدءا من تلك التي تهاجر موسميا، كطائر **أبي الحناء** robin و**الفراشات الملكية** monarch butterflies إلى تلك الخبيرة في الملاحة، كالحمام الزاجل والسلاحف البحرية، ومن اللافقاريات، **كأم الربيان** lobster ونحل العسل والنمل، إلى الثدييات، كقوارض الخلد وأسد البحر، ومن البكتيريا الدقيقة إلى الحيتان العملاقة.

وما لا يعرفه أحد على وجه اليقين حتى الآن هو

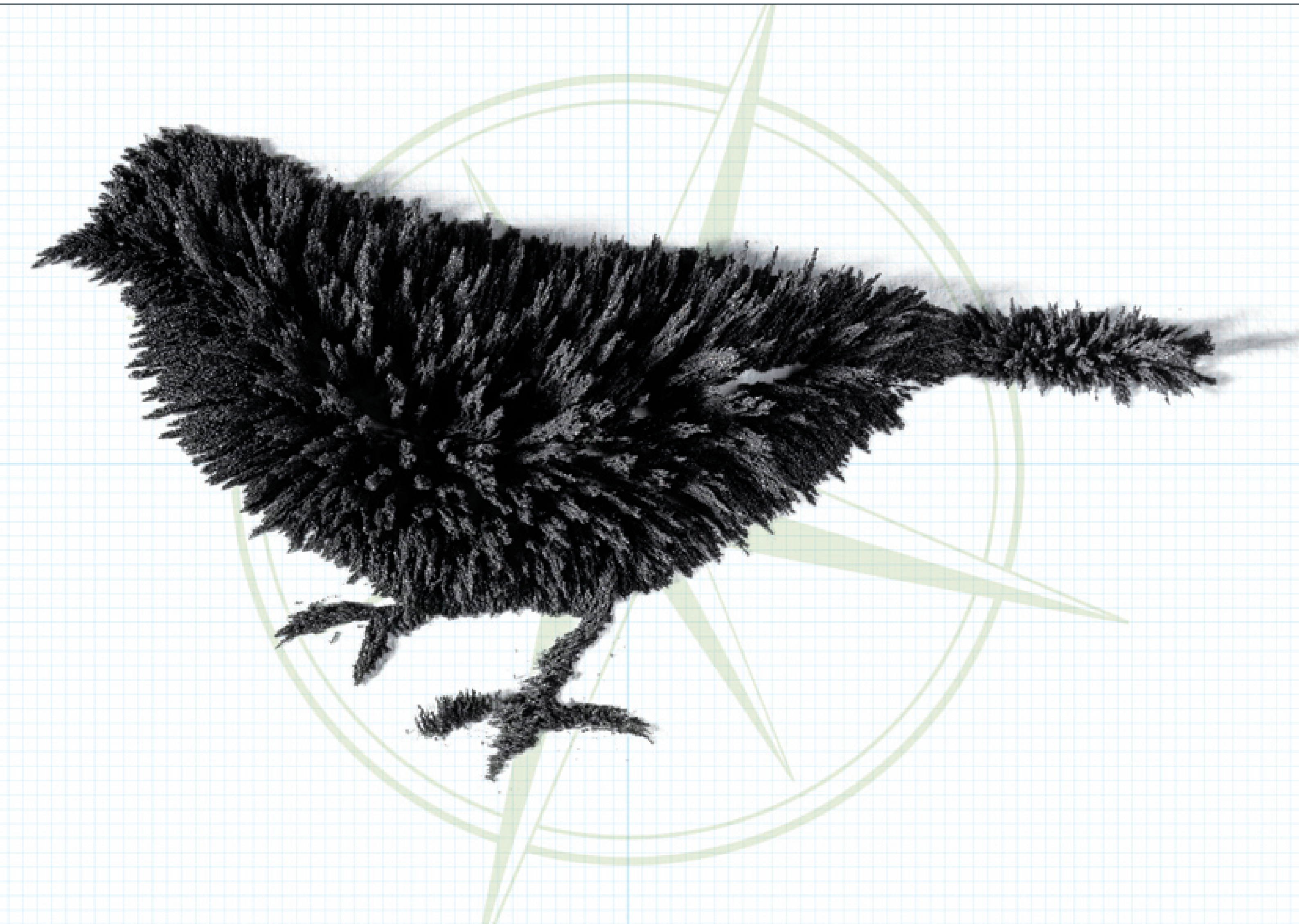
(*) THE COMPASS WITHIN
(۱) Google Earth

باختصار

عشرات من الأنواع الحيوانية، من النمل إلى الحيتان، لديها قدرات - موثقة جيدا - للكشف عن المجال المغنطيسي الأرضي واستخدامه للتوجيه والملاحة.

بعد بضع بدايات خاطئة، ربما يكون الباحثون قد حددوا الآن موقع أعضاء هذه الحاسة المغنطيسية، وأخيرا صاروا يفهمون الفيزياء التي تقوم عليها هذه الحاسة.

بعض الحيوانات قد تستخدم جسيمات مغنطيسية مجهرية (ميكروسكوبية) للكشف عن المجالات المغنطيسية، وبعضها الآخر قد يستغل التأثيرات الكمومية في صبغات معينة في العين.





المؤلف

Davide Castelvecchi

كاتب علمي مستقر في روما، أحد المحررين المشاركين في مجلة ساينتفيك أمريكان.

كيــف تقوم المخلوقــات الأخرى – عــدا البكتيريا – بذلك بالتحديد. فيشــير <S. ريبيــرت> [عالم الأعصاب في كلية ماساتشوستس للطب في وورستر] إلى أن المغنطيسية هي «الحاسة الوحيدة التي نعرف عنها أقل ما يمكن.»

ولكــن في العقد الأخير أو نحو ذلــك، بدأ التعاون بين البيولوجيين وعلماء الأرض والفيزيائيين بطرح آليات معقولة وتحديد أجزاء محتملة من البُنى التشــريحية قد تُنفّذ فيها هذه الآليات. إلا أن أيا من هذه الأفكار لم تلق بعد قبولَ كامل المجتمع العلمي، ومع ذلك فإن الأدلة التجريبية المُستخلصة حتى الآن مدهشــة حقا. فبعض الحيوانات قد تحوي أكثر من نــوع واحد من الأعضاء المغنطيســية. وفي حين يبدو أن بعض **مجسـات** sensors المجال المغنطيسي البيولوجية تعمل كبوصلات قضيب مغنطيسي عادية، إلا أن عددا آخر قد يكون متجذرا في تأثيرات **كمومية** quantum دقيقة.

لا يــزال هذا الموضــوع يأخذ نصيبه مــن الجدل. ولكن الاهتمام المتزايد بالاستقبال المغنطيسي والتحسينات السريعة على الأساليب التجريبية قد يقود الباحثين في السنوات القليلة المقبلة إلى حل لغز هذه الحاسة غير العادية.

الدافع إلى الهجرة(*)

قبل نصف قرن تقريبا ظهرت أولى الإشارات الحديثة إلى أن الحيوانات في بعض الأحيان تستخدم المجالات المغنطيسية لتوجيه سلوكها. فقد لاحظ الباحثون منذ خمسينات القرن العشرين أن طيور أبي الحناء الأوروبية تحاول في فصل الخريف على ما يبدو الهروب من القفص نحو الجنوب حيث تهاجر عادة، حتى ولو لم تتوفر لها الإشارات البصرية التي تشير إلى موقع الجنوب. ومن ثم برهن <W. ڤيلتشكو> [طالب في علم الأحياء بجامعة گوته في فرانكفورت] في منتصف الستينات على أن الأسلاك الكهرمغنطيسية الملفوفة حول قفص الطيور قد تخدعها بتوجيه محاولة الهرب في اتجاه خاطئ. دراسة <ڤيلتشكو> هذه كانت على الأرجح أول دليل على الحاسة المغنطيسية، وجاء رد الفعل متشككا كما هو متوقع. ويقول <ڤيلتشكو> [الذي تقاعد مؤخرا من عمله كأستاذ في گوته]: «عندما وجدت أن المجال المغنطيسي يؤدي دورا ما في الاتجاه لدى أبي الحناء، لم يصدق أحد ذلك.»

بعد وقت قصير من هذا الاكتشاف التقى <ڤيلتشكو> زوجة المستقبل، ورفيقة دربه في البحث العلمي <R. روزوثا>. وعكف الزوجان منذ ذلك الحين على دراسة الحاسة المغنطيسية للطيور، مشتغلين في الغالب على الطيور التي يصطادونها بالشباك قرب مختبراتهما. وبدأ الزوجان بنشر نتائج أبحاثهم المشتركة في عام 1972، عندما كشفا أن طيور أبي الحناء حساسة ليس فقط للاتجاه الجغرافي للشمال المغنطيسي ولكن أيضا إلى درجة ميل المجال المغنطيسي إلى الأرض بالنسبة إلى الأفق.

إذ تتباين درجة ميل المجال المغنطيسي للأرض باستمرار من القطب إلى القطب الآخر. فهذا المجال يشير نحو الأعلى عند القطب الجنوبي المغنطيسي، في حين يشير إلى الأسفل عند القطب الشمالي المغنطيسي، ويكون أفقيا في منتصف الطريق تقريبا عند «خط الاستواء المغنطيسي». والبوصلة العادية توازن إبرتها أفقيا، وبالتالي لا يمكنها قياس ميل المجال، وتستجيب فقط لعناصرها الجانبية. ولكن يتضح أن الطيور - وغيرها من الحيوانات الأخرى - تستطيع القيام بما هو أفضل من ذلك، فقد تستخدم الميل لتقدير تقريبي للمسافة التي تفصلها عن الأقطاب المغنطيسية.

لا تقتصر التغيرات في مجال الأرض على التغيرات في الميل من قطب إلى القطب الآخر. إذ تولد المعادن المغنطيسية في القشرة الأرضية **شذوذات** anomalies محلية في كل من الاتجاه والقوة. ويبدو أن لدى بعض الحيوانات - خصوصا السلاحف البحرية - خريطة ذهنية لتلك الشذوذات تساعدها على معرفة ليس فقط موقع الشمال ولكن أيضا موقعها بالنسبة إلى وجهتها. وقد وجد <K. J. لومان> [من جامعة كارولينا الشمالية في تشابل هيل] والباحثون العاملون معه أن السلاحف البحرية التي يصطادونها تميل إلى الاستجابة للمجالات المغنطيسية الاصطناعية التي تحاكي الظروف في المواقع المختلفة على طول طرق الهجرة التي تتبعها هذه السلاحف. فتحاول السلاحف السباحة في الاتجاه الذي سيقودها إلى وجهتها بدءا من تلك المواقع. ولكي تكون لدى الحيوان مثل حاسة الخريطة المغنطيسية هذه، فمن المحتمل أن يحتاج الحيوان ليس فقط إلى اكتشاف الشذوذات في ميل المجال المغنطيسي، بل أيضا التفاوت في قوتها.

ويعتقد بعض الباحثين أن للطيور حاسة الخريطة المغنطيسية إضافة إلى التوجيه المغنطيسي العادي، ولكن <A. گاگليardo> [خبيرة الشم عند الطيور من جامعة بيزا في إيطاليا] تقول إن الدليل على حاسة الخريطة المغنطيسية هذه دليل ضعيف. إذ يبدو أن الطيور قادرة على أن تجد طريقها كما يجب باستخدام الحواس الأخرى؛ وتضيف قائلة: «فأربعون عاما من التلاعب بالمجال المغنطيسي لم تمنع الحمام الزاجل من العودة إلى وطنه.» ولكنها تشير إلى أن الطيور تضل طريقها إذا ما حُرِمت من حاسة الشم بقطع عصب الأنف جراحيا. وإضافة إلى ذلك، فإن الحمام الزاجل المربّى في أقفاص تُفتح فقط نحو الأعلى، بحيث لا تستطيع هذه الطيور تحديد الاتجاه الذي تصدر عنه الروائح البيئية، تكون غير قادرة على الملاحة. وعليه، تقول <گاگليardo>: «في حين أن الأدلة على أن الطيور تستطيع تمييز الشمال المغنطيسي من جنوبه، أدلة راسخة جدا، إلا أنها تشك في أن الحاسة المغنطيسية يمكن أن تقوم بما هو أكثر من ذلك.»

ولكن عددا آخر من الخبراء يعتقد الآن أن للطيور نوعين متباينين من الحاسة المغنطيسية كل منها مكيّف للعمل في استخدامات مختلفة، حاسة البوصلة لتحديد اتجاه المجال وحاسة منفصلة هي «**المقياس المغنطيسي**» magnetometer لقياس قوة المجال. ويرى آخرون أن العديد من الأدلة المختلفة تشير إلى وجود حاسة واحدة أو أخرى، ولكن ليس الاثنتان في النوع الواحد. وأحد أسباب التضارب هو الصعوبة الشديدة في تحديد التأثيرات السلوكية للمغنطيسية بدقة،

(*) THE URGE TO MIGRATE

ويرجع ذلك جزئيا إلى أن الطيور والحيوانات الأخرى تستغل عددا من الإشارات المختلفة في التوجيه والملاحة، فتستخدم الشمس والنجوم والقمر، ويمكنها تعرف المعالم البارزة على الأرض والاتجاه السائد للأمواج في عرض البحر، كما يمكنها تذكّر الروائح. ويشير ‹M. ڤينكلهوفر› [جيوفيزيائي في جامعة لودڤيگ ماكسيميليان بميونخ] إلى أن الحيوانات تستخدم عددا من الحواس في الملاحة. فيقول: «إنها تستخدم كل ما هو متاح من إشارات. ومتى ما كانت إحدى الإشارات مبهمة، فستستخدم تلك الأكثر وضوحا.»

وللأسف، فحتى أقوى النتائج من التجارب المصممة بشكل جيد قد تُفسَّر بتفسيرات متعددة في أغلب الأحيان. وإحدى أهم ملاحظات الزوجين ‹ڤيلتشكو› هي أن حاسة البوصلة عند أبي الحناء لا تعمل في الظلام: فهي بحاجة إلى ضوء بموجة زرقاء، أو بطول موجي قصير. وقد حصلا على هذه النتائج في ظروف المختبر التي تساعد على عزل الإشارات بعضها عن بعض، ولكنها ظروف مصطنعة إلى حد ما. ولكن في دراسة محورية أُجريت في عام 2004 وجد ‹H. موريستن› [من جامعة أولدنبورگ في ألمانيا] وزملاؤه أدلة دامغة على وجود تفاعل بين البوصلة والضوء في الطبيعة. فبيّنوا أن **طيور الدّج** thrushes التي تحلق ليلا، تُعيد معايرة حاستها المغنطيسية كل يوم عند غروب الشمس.

للقيام بهذه التجربة، اصطاد فريق ‹موريستن› العشرات من طيور الدج في ولاية إيلينوي بوسط الولايات المتحدة وثبّتوا عليها أجهزة البث اللاسلكي. وعند غروب الشمس، أخضع الباحثون ثمانية عشر طيرا منها لمجال مغنطيسي يحاكي المجال المغنطيسي الأرضي لكنه يشير إلى الشرق بدلا من الشمال. وبعد حلول الظلام، فتحوا الأقفاص وأطلقوا الطيور. ومع تحليق الطيور بعيدا، طاردهم أعضاء الفريق في سيارة أولدزموبيل من طراز عام 1982 مع هوائي كبير يبرز من السقف، والذي تسبب في تكرار إيقاف الشرطة لهم. وفي حين استأنفت مجموعة الطيور التي لم تخضع للمجال المغنطيسي هجرتها شمالا نحو ولاية ويسكونسن، اتجهت الطيور الثمانية عشر التي أُخضعت للمجال المغنطيسي الأرضي الوهمي غربا نحو ولاية أيوا أو ميسوري. ولكن في الليالي اللاحقة، حتى تلك الطيور صحّحت مسارها واتجهت شمالا مرة أخرى.

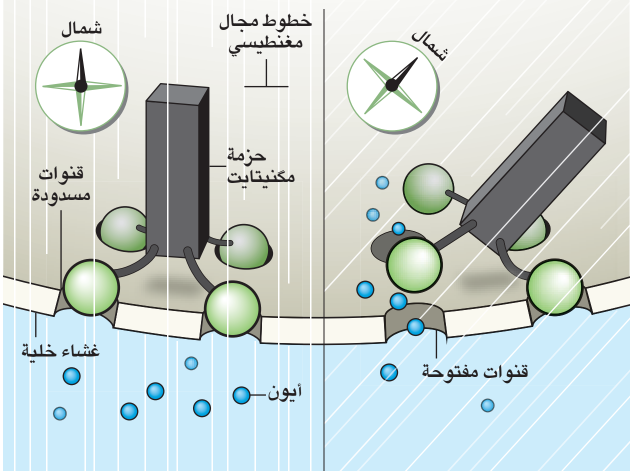
ومع أن النتائج تشير إلى أن الطيور تعيد معايرة شمالها المغنطيسي عند الغسق، اختلفت التفسيرات حول دور الضوء في هذه العملية. وأحد الاحتمالات هو أن الطيور لديها بوصلة داخلية لا تعمل إلّا بوجود الضوء، كما استنتج الزوجان ‹ڤيلتشكو›. والتفسير الآخر يبدو معقولا بالدرجة نفسها: الطيور تستخدم الشمس فقط كنقطة مرجعية لمعايرة بوصلة لا تحتاج إلى الضوء للقيام بعملها فعليا. وفي الواقع، قد تستمر الطيور باستخدام بوصلتها طوال الليل.

ومن الواضح أنه من غير المرجح أن تحل التجارب السلوكية وحدها هذه القضايا بطريقة أو بأخرى. وفي النهاية، لا بد من تحديد ودراسة أعضاء الحس بصورة مباشرة أكثر.

فرضية أولى

الأسماك تفعل ذلك، وربما الطيور(*)

يشتبه بعض الباحثين في أن الحاسة المغنطيسية في الحيوانات هي في معظم الأحيان من قبيل ما هو موجود في خطم snouts سمك التراوت من نوع قوس قزح. في هذه السمكة، تستجيب حزم من جسيمات الماگنيتايت – وهو شكل من أكسيد الحديد يوجد في الخلايا الحسية – للتغير في اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي (نسبة إلى رأس السمكة) من خلال فتح قنوات في غشاء الخلية (اللوحة في اليمين). وبعد مرور الأيونات عبر الغشاء يرسل الغشاء إشارة تحمل المعلومات على طول العصب وصولا إلى الدماغ.



دلالات صدئة(**)

إن البحث عن أعضاء حساسة مغنطيسيا هو أسوأ كوابيس عالِم التشريح. فقد تكون المجسات خلايا منفردة ومعزولة في أي مكان داخل الجسم. وقد تحتوي على جسيمات

(*) Fish Do It, Birds Maybe
(**) RUSTY CLUES

مغنطيسية **مجهرية (ميكروسكوبية)**[1] – تقوم بدور يشبه إبرة البوصلة – يصعب تمييزها عند إجراء التحاليل على بقية الملوثات التي قد توجد في عينات الأنسجة. كما أن الآلية المحتملة يجب أن تُلبي أيضا متطلبات صارمة؛ وعلى وجه الخصوص، يجب أن تكون حساسة لمجالات مغنطيسية ضعيفة كما هي الحال بالنسبة إلى مجال الأرض، ويجب أن تُميِّز بين الإشارة المغنطيسية وضجيج الاهتزازات الجزيئية الطبيعية، وهو أمر يصعب بالذات أن تقوم به بنية ميكروية (مجهرية). وحتى الآن فإن الآلية الوحيدة المُحدَّدة والمُفسَّرة بشكل لا لبس فيه، تحدث في البكتيريا.

عند خطوط العرض حيث يكون ميل المجال المغنطيسي الأرضي حادا بما فيه الكفاية، تقوم البكتيريا باستخدامه بمثابة ممثل للجاذبية لـ«معرفة» أي الاتجاهات هو الأسفل فتتمكن من السباحة نحو قاع البحر الموحل، موئلها المفضل. وفي سبعينات القرن العشرين، بيّن الباحثون أن هذه البكتيريا تحتوي على حزم من جسيمات مجهرية من **الماگنيتايت** magnetite، شكل شديد المغنطيسية من أكسيد الحديد، تصطف معا ومع المجال المغنطيسي وبذلك توجّه الكائنات كلها في الاتجاه الصحيح.

قدّمت البكتيريا نموذجا طبيعيا لمحاولة فهم الاستقبال المغنطيسي بشكل عام. وفي الثمانينات من القرن العشرين اقترح الجيوبيولوجي <J. كيرشڤينك> [الذي يعمل الآن في معهد كاليفورنيا للتقانة] وآخرون أن بنى قائمة على الماگنيتايت قد توجد عبر المملكة الحيوانية جميعها. وبدأ العلماء بالبحث عن هذه الجسيمات في الحيوانات الحساسة مغنطيسيا.

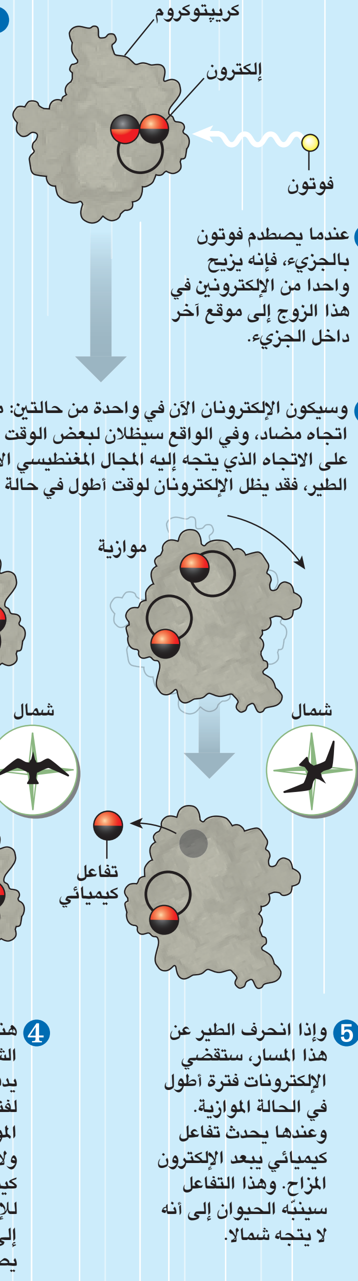
في أوائل القرن الواحد والعشرين استخدم فريق – يضم <ڤينكلهوفر> و<ولفگانگ ڤيلتشكو> وزوجين آخرين في جامعة گوته: <گريتا> و<G. فلايشنر> – تقنيات التصوير المتطورة للكشف عن البنى المحيرة التي قد تحوي الجسيمات النانوية من الماگنيتايت في الحمام الزاجل. ووجدوا هذه البنى في جلد الجزء العلوي من مناقير الطيور. وهي عبارة عن جسيمات مغنطيسية صغيرة جدا – لا تتعدى بضعة نانومترات؛ وبالتالي فإن حركتها العشوائية يجب أن تكون ذات تأثير كبير مقارنة بحجمها. وقد كانت الضوضاء عالية لدرجة لا تمكّن تلك الجسيمات من قراءة قوة المجال المغنطيسي؛ ولكن من حيث المبدأ، ستتمكن من

(*) Magnetic Eyes
(1) microscopic

فرضية ثانية

عيون مغنطيسية(*)

يعتقد بعض العلماء أن بروتين الكريپتوكروم، الموجود في شبكية العين، قد يكون المفتاح للحاسة المغنطيسية في الطيور. فقد تُحدِّد بعض خلايا العين اتجاه الشمال بسبب تسارع أو تباطؤ تفاعل كيميائي اعتمادا على اتجاه المجال المغنطيسي للأرض. ويبدأ رد الفعل عندما يصطدم فوتون الضوء بجزيء الكريپتوكروم، فيفصل بين إلكترونين يدوران في العادة كزوج. وفي نهاية المطاف يدفع ذلك الخلية إلى إطلاق إشارة إلى الدماغ، يدرك الحيوان منها اتجاه المجال.



1 في جزيء كريپتوكروم مستقر تدور الإلكترونات معا كأزواج، في وضع تكون محاذاة سپيناتها (دوراناتها المغزلية) – والسپين spin هو النظير الفيزيائي الكمومي لمحور الشمال – الجنوب لقضيب مغنطيسي – معاكسا بعضها بعضا أو متوازية في اتجاه مضاد. (اللوحة تصور إلكترونين فقط من العديد من إلكترونات الجزيء).

2 عندما يصطدم فوتون بالجزيء، فإنه يزيح واحدا من الإلكترونين في هذا الزوج إلى موقع آخر داخل الجزيء.

3 وسيكون الإلكترونان الآن في واحدة من حالتين: متوازيين أو متوازيين في اتجاه مضاد، وفي الواقع سيظلان لبعض الوقت في حالتيهما. ولكن اعتمادا على الاتجاه الذي يتجه إليه المجال المغنطيسي الأرضي بالنسبة إلى عيني الطير، فقد يظل الإلكترونان لوقت أطول في حالة دون الأخرى.

4 هنا يحلّق الطائر نحو الشمال المغنطيسي، وهذا يدفع الإلكترونات إلى البقاء لفترة أطول في الحالة الموازية في اتجاه مضاد. ولا تحدث أي تفاعلات كيميائية. وعندئذ يمكن للإلكترون المزاح أن يعود إلى حالته المستقرة (إلى أن يصدم الفوتون التالي).

5 وإذا انحرف الطير عن هذا المسار، ستقضي الإلكترونات فترة أطول في الحالة الموازية. وعندها يحدث تفاعل كيميائي يبعد الإلكترون المزاح. وهذا التفاعل سينبّه الحيوان إلى أنه لا يتجه شمالا.

إن الكثير من هذه التفاصيل، بما في ذلك كيف تترجم الطيور التفاعل الكيميائي إلى إشارة مرسلة إلى الدماغ أو حتى ما قد يكون بالضبط التفاعل الكيميائي، ما تزال غير معروفة.

الكشـف عن اتجاهه، إلا أنها: «لن تحصل على استجابة قوية، ولكنها كانت سـتنجح على الأقل كبوصلة،» على حد قـول ‹ڤينكلهوفر›. ومن المدهش أن هـذه البنى توجد في مناطـق مكتظة بالنهايات العصبية، وهـذا ما يتوقعه المرء من المجسـات المفترضة، وذلك لحاجتهـا إلى التكامل مع الجهاز العصبي.

وقـد اتضح أن عـددا قليلا من هذه الجسـيمات هو ماگنيتايت، فـي حين كانت البقية من مـادة وثيقة الصلة بها تسمى **ماگمايت** maghemite، وهي ليست على الدرجة نفسـها من القوة المغنطيسـية. ومع ذلك، اعتقد الباحثون أنهم ربما حصلوا على الدليل الدامغ.

وفي بحث منشور استكمالا للموضوع، اقترح الزوجان ‹فلايشـنر› وزملاؤهما نموذجا لكيـف يمكن لبُنى تتألف في الأسـاس من الماگمايت أن تعمل كبوصلة. فاقترحوا أن بُنى الماگمايت قد تتمغنـط مؤقتا، وبذا تُضخِّم المجال المغنطيسـي الأرضي في الأجزاء القريبـة منها، وتوجّهه نحو جسيمات الماگنيتايت.

ولكن ‹ڤينكلهوفر› انشـق عن زملائه السابقين، ونشر نقضـا لذلك مـع ‹كيرشـڤينك›. وقد ذكـر الباحثان أن الماگمايت في الدراسـة كان «غيـر متبلور»، مما يعني أنه يفتقر إلى البنية البلورية، وأشار ‹ڤينكلهوفر› إلى أن مواد غير متبلورة كهذه تشكل مغنطيسات ضعيفة جدا، أضعف من أن تؤدي الوظيفة المنسوبة إلى الجسيمات الموجودة في الطيور. وأشـار آخرون إلى أنـه ليس من الواضح ما إذا كانت النهايات العصبية تقع بدقة بالقرب من الجسـيمات المغنطيسية. وخلص ‹ڤينكلهوفر› إلى أن البُنى المحتملة في مناقير الحمام الزاجل ربما لايكون لها في نهاية الأمر أي علاقة بالاستقبال المغنطيسي.

وسـبب آخر يدعو إلى توخي الحذر هو أن الماگنيتايت وغيره من الجسيمات المغنطيسـية موجودة بكثرة في كل مـكان في الطبيعة؛ «فحتى غبار المختبر يحتوي على مواد مغنطيسـية»، على حد قـول ‹ڤينكلهوفـر›. وعلى علماء التشريح استخدام مشارط من السيراميك لتجنب إضافة شظايا معدنية إلى الأنسـجة المستخلصة من الحيوانات. ولكن إذا ما دخلت الجسيمات الجسم كملوثات، فإن خلايا الدم البيضاء قد تجمعها معـا، مما قد يبدو تحت المجهر (الميكروسكوب) فيما بعد كخلايا حسية.

وعلى الرغم من الصعوبات الخاصة بتحديد المسـتقبِل المغنطيسي المفترض في الحمام الزاجل، فإن ‹ڤينكلهوفر› و‹كيرشـڤينك› يظلان نصيرين قويين مـن أنصار نظرية الماگنيتايـت. ويشـيران إلى ما يعتقدان أنـه أفضل دليل حتـى الآن على عضو مـن هذا القبيـل: ألا وهو الخلايا المبطنة لفتحة الأنف في سمك التراوت من نوع **قوس قزح** rainbow trout. وقد ظل ‹M. ووكر› [من جامعة أوكلاند في نيوزيلندا] وزملاؤه يدرسون الخلايا منذ عام 1997، عندما عثروا عليها أول مرة. وتمكن الباحثون من إظهار استجابة للمجالات المغنطيسية الكهربائية: إذ أرسلت الخلايا بالفعل إشارة إلى الدماغ.

ويقـود ‹كيرشـڤينك› الآن مشـروعا سـيمتد لعدة سنوات وبجهود عدة مختبرات، وذلك لتمييز بنية وسلوك المجسات المغنطيسـية المفترضة. فهو يظن أن جسيمات الماگنيتايت قد تكـون محتواة في **عضيـات** organelles تلتصق مباشرة بأغشية عصبونات متخصصة. وتشكل كل خلية منها عضوا مجهريا (ميكروسكوبيا) مستقبلا للمغنطيسية. وعندما يتسبب مجال مغنطيسي في دوران العضيـات إلى اتجاه جديد، فإن هـذه العضيات تطلق **أيونـات** ions تدفـع العصبونات إلى إطلاق الإشـارة العصبية وبالتالـي «تُخبر» الدماغ بالاتجاه الذي ينبغي أن يسـبح السمك نحوه [انظر الشـكل في الصفحة ١٦]. ويقول ‹كيرشـڤينك› إن الباحثين الذين يدرسون جلد منقار الحمام ربما يتعين عليهم أن يسترشـدوا بالسـمك بدلا من البحث داخل **خطوم** snout الطيور.

إشارات خفية(*)

ليس الماگنيتايت هو المرشـح الوحيد في السـباق: كذلك قـد تكون آلية قائمـة على الفيزياء الكموميـة آلية معقولة لكثير من الباحثين. فقد لاحظ ‹K. شـولتن› [عالم الفيزياء الحيويـة النظريـة والذي يعمـل الآن في جامعـة إلينوي بأوربانا شامبين] في السـبعينات من القرن العشرين أن التفاعلات الكيميائية المتأثرة بالمجال المغنطيسـي قد توفر الأساس المادي للشـعور بالمغنطيسية. فسـيبدأ التفاعل ذو الصلـة عندما تصطـدم الفوتونـات بجزيئات صبغة مناسبة، فتتسبب في تشـكيل ما يسمى **بالجذور الحرة** free radicals. وبذا تفسـر الحاجةُ إلى فوتونات تلك الصلةَ الظاهرية بين البوصلة وأشعة الشمس التي لاحظها علماء الأحيـاء من قبل. ولكن في تلك الأيـام بدت الفكرة كما لو كانت مغرقة في الخيال، كما أن ‹شولتن› لم يوضح كيفية انتقال الإشارة إلى الدماغ.

لقد اكتشـف علمـاء الكيمياء الحيويـة – في أواخر

(*) CRYPTIC SIGNS

تسعينات القرن العشرين – بروتينا على شكل صبغة أطلق عليه اسم **كريپتوكروم** cryptochrome، اكتشف أول الأمر في النباتات وفيما بعد في شبكية العين بالثدييات – بما في ذلك البشر، حيث تبيّن أنه يوجد في عدة أشكال، ويساعد الحيوانات على ضبط دورة الليل والنهار. وقد اقترح <شولتن> – مع زملائه <S. آدم> و<T. ريتز> [بيوفيزيائي يعمل الآن في جامعة كاليفورنيا بإيرڤين] – أن الكريپتوكروم يمتلك بالضبط الخصائص الضرورية لحاسة البوصلة، وأن خلايا معينة في شبكية العين قد تكون قادرة على الاستفادة من انبعاث أزواج الجذور الحرة في الشبكية للكشف عن اتجاه المجال المغنطيسي للأرض.

وقد أظهرت التجارب المختبرية أن الكريپتوكروم يمتص الفوتون من الجزء الأزرق من الطيف، وتزيح طاقة الفوتون إلكترونا واحدا من أحد أطراف الجزيء إلى الطرف الآخر. ولكي يكون جزيء ما مستقرا كيميائيا، يتعين على إلكتروناته أن تشترك في المدارات كأزواج؛ ولكن في الكريپتوكروم تؤدي الإزاحة إلى إلكترونين يحلق كل منهما منفردا. والآن يشترك الإلكترونان، اللذان يطلق عليهما مصطلح **زوج أساسي** radical pair، في رقصة مزدوجة يُمليها عليهما **سبينيهما**(1). و**السبين**(1) spin في الفيزياء الكمومية هو نظير المحور المغنطيسي لقضيب مغنطيسي. ويتفاعل سبين كل إلكترون مع المجال المغنطيسي الأرضي ومع **سبينات**(2) نوى الذرات؛ ومجتمعة تجعل هذه التفاعلات محور سبين الإلكترون **يبادر**(3) precess كمحور **خذروف مُدَوَّم**(4). وفي زوج أساسي يتأثر سبين كل إلكترون بسبين نظيره.

وفي فترات من عمل زوجي الإلكترونات، فإن سبينيهما يتجهان في اتجاه واحد تقريبا، وفي أحيان أخرى يتجهان في اتجاهين متعاكسين. ويحسم مجال مغنطيسي خارجي، مثل مجال الأرض، مقدار التغيير في الوقت النسبي الذي تقضيه الإلكترونات في كل من هذه الوضعيات. وتلك هي الطريقة التي يمكن من خلالها أن يؤثر مجال خارجي في كيمياء الكريپتوكروم: إذ تحدث تفاعلات كيميائية معينة عندما تكون محاور السبينات متوازية. وبالتالي، إذا حافظ الحقل على توازي محاور السبينات لفترة أطول، فسيؤدي ذلك إلى تسريع التفاعلات.

وقد تكون سرعة التفاعل الكيميائي الحساس للسبين هي الإشارة الكيميائية لتحفيز أحد العصبونات الحسية لإطلاق إشارة ما عبر عصب إلى مركز الدماغ المسؤول عن السلوك الذي تتحكم فيه المغنطيسية. وللأسف، فمع أن المبدأ العام معروف جيدا، إلا أن أحدا لا يعرف ماهية التفاعل الكيميائي في حالة الكريپتوكروم، ولا كيف يمكن للتغيرات في معدل التفاعل أن تحفِّز عصبونا لإرسال إشارة. ولكن، ظهرت في العقد الماضي عدة أدلة طرفية على ذلك.

و**الدوران المغزلي**(5) حساس ليس فقط للحقول **الساكنة** static مثل المجال المغنطيسي الأرضي، بل أيضا لتلك التي تتغير بسرعة عبر الزمن، كما هو الحال في موجات الراديو. في عام 2004 تعاون <ريتز> مع <ڤيلتشيكو> وبيّنا أن موجات الراديو تعطِّل البوصلة الداخلية للطيور. وقد حدث الاختلال عند موجات معينة فقط، كما لو كانت الموجات تتدخل في رقصة الأزواج الأساسية. ويقول <ريتز>: «من وجهة نظر فيزيائية، هذا خير دليل حتى الآن على آلية الزوج الأساسي.»

في عام 2009، وجد فريق بقيادة <موريستن> أن الطيور المصابة بجروح في مركز الدماغ ذي الصلة بالإبصار تعجز عن تحديد الاتجاه المغنطيسي. وفي عام 2010، وجدت دراسة أجريت بقيادة <C. نسير> [من جامعة گوته] على طيور أبي الحناء الأوروبية والدجاج، أن الكريپتوكروم لا ينتج بغزارة في شبكية عين الطيور على العموم ولكن ينتج بشكل أكثر تحديدا في الخلايا المخروطية الحساسة للأشعة فوق البنفسجية، وهذا هو على وجه التحديد المكان الذي يتوقع علماء الأحياء أن يوجد فيه الكريپتوكروم، إذا أخذنا في الاعتبار أن تشكيل الزوج الأساسي يتطلب وجود ضوء.

ولكن لم تُغلق هذه القضية بعد. إذ يجب أن يتكرر الحصول على معظم هذه النتائج بشكل مستقل. أما بشأن المرشح المگنيتايتي، فإن بعضا من الأدلة الموجودة لهذا التاريخ ربما لا تكون قطعية بوضوح كما تبدو. فـ<ريتز> نفسه، مثلا، يحذر من أن موجات الراديو تُحدث مجالات كهربائية قد تعطل العمليات البيولوجية بطرق غير متوقعة. وعلى سبيل المثال، من المعروف أن الموجات تتدخل في عمل المستقبلات العصبية التي تفرز **النواقل العصبية** neurotransmitter receptors والتي تنشط في مراكز اللذة؛

(1) spin لَفّ – تدويم = دوران جسم حول محوره. وفي الفيزياء الكمومية، يُعرَّب المصطلح: spin = سبين، وهو يمثل خاصية للجسيمات الأولية elementary particles تبدو الجسيمات بمقتضاها كما لو كانت تدور (تلف) حول محور لها.

(2) ج: سبين = spins: دوران جسم حول محوره ويقال أيضا: تدويم.

(3) precess، precession مبادرة.

(4) spinning top أو بُلبل لفاف أو مُدوَّم.

(5) spin precession، أو المبادرة السبينية، precess = يبادر. (التحرير)

وبالتالي قد تضلِّل الحيوانات بشـــكل غير مباشر بدلا من جعلها تفقد القدرة على الشعور بالمجالات المغنطيسية.

ويضيــف ‹J .P هــور› [فيزيائي من جامعة أكســفورد] أن حساســية الطيــور لموجــات الراديو تبــدو ادعاء **يكاد لا يصــدق**[1]: فلا يلزم الأمر ســوى مجــال بقوة لا تتجاوز 2000/1 من قوة المجال المغنطيسي الأرضي لإحداث خلل في حاستها المغنطيسية.

ويحيط التباس مماثل بدراسات الكريپتوكروم في ذبابة الفاكهة. ففي عــام 2008، بيّن ‹ريپرت› وزملاؤه أنه يمكن تدريب ذباب الفاكهة على اتباع المجالات المغنطيسية وصولا إلى مكافأة على شــكل غذاء من السكر، ولكن ذبابة تحوي طفرة تؤدي إلى فقد جين الكريپتوكروم، وبالتالي تكون غير قادرة على إنتاج البروتين، لا تستطيع القيام بذلك.

أما الحشرات فقد عُرِّضت لمجالات أقوى بعشر مرات من المجال المغنطيســي الأرضي. ويحذّر ‹كيرشڤينك› من أن القائمين على التجربة كانوا يعرفون متى كانت المجالات المصطنعة تعمل أم لا، وبذا يكونون قد أعطوا الحشــرات عن غير قصد بعض الإشارات حول ذلك.

ويقول ‹هور›: بشــكل عام، مع أن الأدلــة الداعمة لفكرة الزوج الأساسي قد تراكمت «فإننا لم نتوصل بعد إلى نتيجة نهائية.» فلا تزال عدة قطع من اللغز مفقودة، بدءا من تفاصيل هذه الآلية. ويضيف ‹هور›: «أجد ذلك محبّطا للغاية» فالهدف الأقصى هو أن يبرهن الباحثون على وجود استجابة عصبية كهربائيــة فســيولوجية – عصبونات تطلق إشــارة عصبية كاستجابة للمجالات المغنطيسية – كي يتمكنوا من ادعاءِ أنهم وجدوا مقر الحاســة الجديدة؛ إذ إن الفسيولوجيا الكهربائية هي المعيار الذهبي، ويشــير ‹ريتز› إلى أن «تلك هي الطريقة التي تعلمنا بها كيفية عمل الإبصار.»

ومما يثير الاهتمام أن ‹ريپرت› وزملاءه بيّنوا في الشــهر 2011/6 أن ذبــاب الفاكهة الذي اســتعيض فيه عن جينات الكريپتوكــروم بأخرى مــن الجينوم البشــري ظل يحافظ على القدرة على التوجه مغنطيســيا. وجدّد هذا الاكتشاف التكهنات بأن البشــر أيضا قد تكون لديهم أيضا حاســة مغنطيســية، مع أن الأدلة في هذا الشــأن شــحيحة. فمن المفترض أن التجارب التــي أجراها ‹R. بيكر› [من جامعة مانشســتر في بريطانيا] في أواخر الســبعينات من القرن العشــرين كانت قد أظهرت أن النــاس لديهم بعض قدرات العودة إلى بيوتهم مغنطيســيا، ولكــن محاولات تكرار تلك النتائج باءت بالفشل.

محصلة كل ذلك[*]

وفــي أغلب الأحوال، كان الخبراء يتخلون عن التفســيرات البديلة للحاسة المغنطيسية، وصاروا يعتقدون أن واحدة على الأقل من الفرضيتين الرئيســتين مقبولة ظاهرا. والاستثناء المحتمل هو الحاسة المغنطيسية في أسماك اللخمة الكبيرة وأســماك القرش، التي يقول البعض إنها قد تكون مكافأة إضافيــة على الحساســية الخارقة للحيوانــات للمجالات الكهربائية. فجلود هذه الأســماك تحــوي قنوات كهربائية ميكروية (مجهرية) تستخدمها للشعور بڤلطية ضعيفة حتى خمسة أجزاء من البليون من الڤلط [انظر: «الحس الكهربائي لدى أسماك القرش»، **العلوم**، العددان 2/1(2008)، ص 46]. ولأن الحقول المغنطيسية تحرض ڤلطية في الموصِلات أثناء حركتها، يمكن لســمكة أن تلتقط مجالا مغنطيسيا أرضيا بمجرد حركتها يمينا ويسارا أثناء السباحة.

حتى بعد تسوية الجدل في نهاية الأمر، فإن قدرات الملاحة للحيوانات المهاجرة مثل الحيتان ذات الســنام، التي يمكنها أن تسبح لمئات الكيلومترات باطراد في المحيطات المفتوحة من دون انحراف لأكثر من درجة واحدة عن المســار الذي تضعه في البداية، قد تظل غير مفسّرة.

ومع ذلــك مازال العديد مــن الباحثين متفائلــين بأن آليات الاستقبال المغنطيسي سيكشف عنها قريبا. فقد تقدمت التقنيات التجريبية بشــكل كبير: إذ تُمكــن التقانة الآن الباحثين من تتبع حتى الطيــور الصغيرة، وصــارت طرائــق التصوير المجهري (الميكروســكوبي) للبنى التشــريحية أكثر دقة، وانضم إلى هذه الجهود علماء من تخصصات متعددة. وبمجرد حلِّ اللغز، سينظر البعض إلى تلك الســنين بشــيء من الحنين. ويقول ‹ريتز›: «إن اكتشاف حاسة جديدة فرصة لا تتكرر كثيرا.» ■

(*) PUTTING IT ALL TOGETHER
(1) too good to be true

مراجع للاستزادة

Structure and Function of the Vertebrate Magnetic Sense. Michael M. Walker et al. in *Nature*, Vol. 390, pages 371–376; November 27, 1997.

A Model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds. Thorsten Ritz, Salih Adem and Klaus Schulten in *Biophysical Journal*, Vol. 78, No. 2, pages 707–718; February 2000.

Migrating Songbirds Recalibrate Their Magnetic Compass Daily from Twilight Cues. William W. Cochran, Henrik Mouritsen and Martin Wikelski in *Science*, Vol. 304, pages 405–408; April 16, 2004.

Magnetic Alignment in Grazing and Resting Cattle and Deer. Sabine Begall, Jaroslav Červený, Julia Neef, Oldřich Vojtěch and Hynek Burda in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 105, No. 36, pages 13451–13455; September 9, 2008.

Magnetoreception. Single-theme supplement of *Interface Focus: Journal of the Royal Society Interface*, Vol. 7, No. 2; April 6, 2010.

Scientific American, January 2012

للبدانة خمسة أخطار خفية(*)

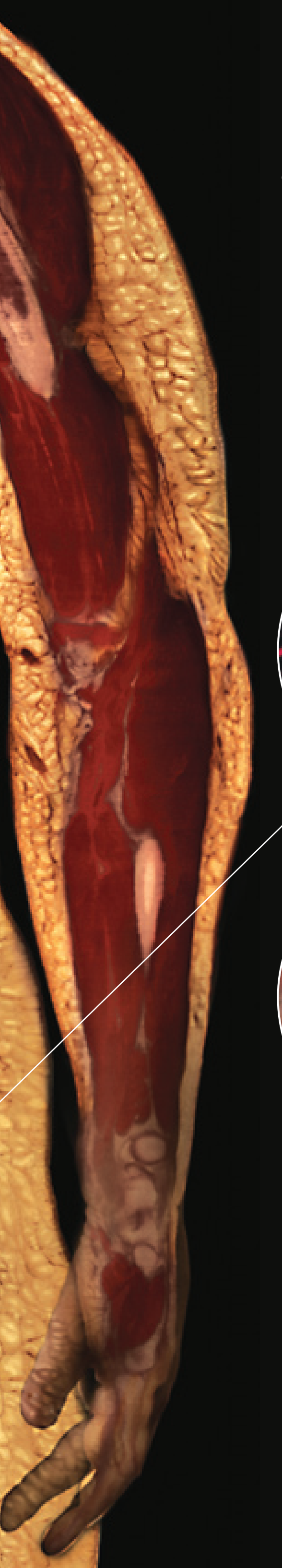
يمكن لزيادة وزن الإنسان أن تضر بصحته بطرق عدة قد يتعرض لها فجأة.

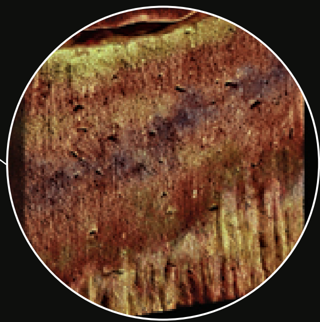
<Ch. گورمان>

لقد صار معروفا الآن أن الزيادة المفرطة في وزن الإنسان تضعه في خطر متزايد للإصابة بمرض القلب والسكتة الدماغية والداء السكري، وأن البدانة[1] في ازدياد. ووفقا لأحد التقديرات، سيكون بين مواطني الولايات المتحدة الأمريكية في عام 2030، نحو 65 مليون بدينٍ وبدينة أكثر مما هو موجود اليوم، وهذا سوف يؤدي إلى نحو 6 ملايين حالة إضافية من مرض القلب والسكتة الدماغية، وإلى نحو 8 ملايين حالة إضافية أخرى من الداء السكري (النمط 2). وقد أخذ كثير من الأطباء السريريين يلاحظون عائلات يتمتع فيها الأجداد بصحة جيدة أكثر وبأعمار أطول من أعمار أبنائهم وأحفادهم.

وكأن هذه الأرقام المنذرة بالخطر لم تكن كافية، فقد بينت دراسات تمت خلال السنوات القليلة الماضية أن التكاليف الحقيقية لوباء البدانة هي أكثر بكثير من ذلك. فالأبحاث تؤكد الآن أن لزيادة الوزن وقعا سيئا على السلامة العقلية (إذ يفاقِم الاكتئابَ ومرضَ الزايمر كليهما)، وعلى الصحة الجنسية والإنجابية، وكذلك على جودة الحياة اليومية - وبخاصة مع التقدم في السن. ويعتقد العلماء أن نحو 25 في المئة من الأورام الخبيثة - وتشمل سرطان القولون والكلية والمريء esophagus - قد أثارها ازدياد معدلات البدانة وعدم النشاط الجسماني.

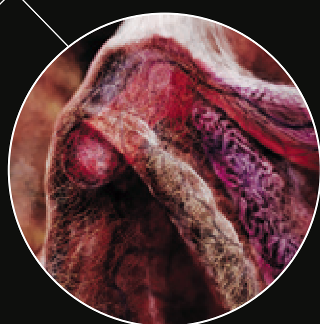
وعواقب البدانة، كما وثِّقت بالأشكال في اليسار، قد أُعدت من قبل The VisualMD.com، وذلك استنادا إلى آخر البيانات التشريحية ذات الصلة. وهذه البيانات المصورة تمثل محاضرة عن رحلة تشريحية مُرَكَّنة[2] حول ما للبدانة من تأثيرات خطرة في جسم الإنسان. ■





اكتئاب: تشير اثنتا عشرة دراسة إلى أن البدانة يمكن أن تكون سببا مهما للاكتئاب، وقد يُرَدّ ذلك إلى اتحاد عوامل فيزيولوجية ووصمة stigma اجتماعية. وهذه العصبونات neurons، من القشرة الدماغية، قد انكمشت وشوِّهت.





خلل الوظيفة الجنسية[3]: مركبات كيميائية التهابية تفرزها خلايا شحمية قد تُخرب أعصابا في العضو الذكري (في الأعلى) وتهاجم الأوعية الدموية في البظر clitoris (في الأسفل)، مما يؤدي إلى عدم القدرة على الاستمتاع الجنسي.

(*) FIVE HIDDEN DANGERS OF OBESITY

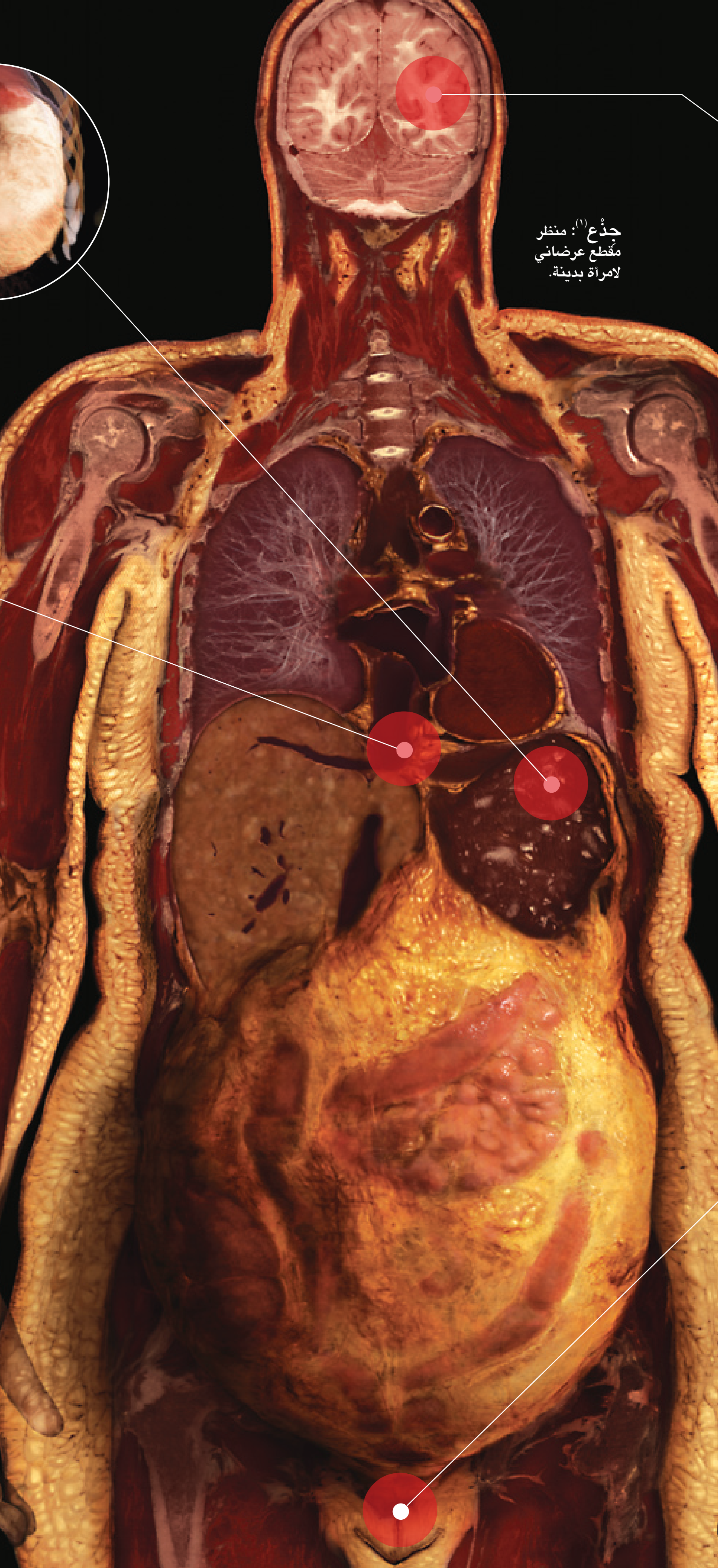
(١) obesity = بدانة، وتُعرف بأنها الحالة التي يكون فيها الوزن الزائد بمقدار 20 في المئة، على الأقل، على أعلى معدل للوزن العادي،

لمزيد من المعلومات عن البدانة ومخاطرها، انظر في مجلة العلوم :
- «تقييد السعرات الحرارية (الكالوريات) وعلاقته بالشيخوخة»، العدد 4 (1996)، ص 18.
- «ازدياد السمنة»، العدد 1 (1997)، ص 44.
- «إعادة بناء الهرم الغذائي: أفضل طريقة لتجنب السمنة»، العددان 3/2 (2003)، ص 9.
- «العالَم يعاني السمنة»، عدد خاص: الصحة والغذاء 5 (2008)، ص 32.
- «كيف نتغلب على أزمة البدانة»، العددان 6/5 (2011)، ص 20.

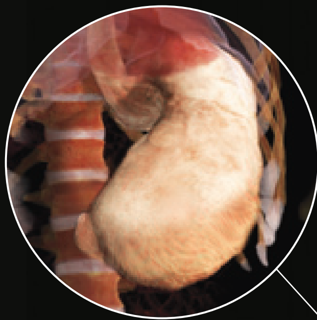
(٢) sobering anatomical travelogue

(٣) sexual dysfunction

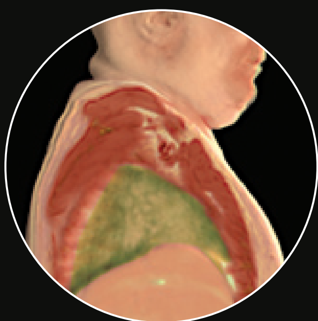
Scientific American, January 2012



جِذْع[1]: منظر مُقطع عرضاني لامرأة بدينة.



لَذع[2] **heartburn**: في دراسة أجريت عام 2005 على 150 شخصا، تبين أن الأشخاص البدينين هم عرضة للمعاناة من اللذع أكثر بمرتين ونصف من الأشخاص ذوي الأوزان العادية. وأحد الأسباب الممكنة للّذع: شحم حشـوي **visceral fat** قد يدفـع المعدة إلى الأعلى داخل الصدر.



تنفس مُثْقَل: بسبب شحم حشوي يحيط بأعضاء باطنية، وهذا الشحم أخطر من الشحم تحت الجلدي **subcutaneous**. وفي هذا المنظر الجانبي، يضغط الشحم الحشوي على الحجاب **diaphragm** من الأسفل، مما يجعل التنفس عسيرا على الرئتين.



مفاصل مؤلمة: إن زيادة الوزن تضع حملا إضافيا على الركبتين. وفي هذه الصورة، مفصل ملتهب (أبيض) مؤلم ويحدّ من مجال حركة الركبة.

---

(١) جسم الإنسان ماعدا الرأس والأطراف.

(٢) اللذع: إحسـاس بـالحرقة خلف عظم القص يتقدم بشـكل موجات تبدأ من الأسفل وتنتهي عند العنق.

هل يمكننا إطعام العالَم والحفاظ على كوكبنا؟(*)

خطة عالمية من خمس خطوات يمكنها مضاعفة إنتاج الغذاء بحلول عام 2050 مقللة في الوقت ذاته إلى حد كبير، من الضرر البيئي.

<A.J. فولي>

إن نحو بليون من البشر يعانون حاليا جوعا مزمنا. ومع أن مزارعي العالم ينتجون قدرا من الغذاء يكفي لإطعام هؤلاء البشر، إلا أن هذا الغذاء لا يُوَزَّع على محتاجيه بطريقة مناسبة، وحتى لو وُزِّع توزيعا ملائما، فإن الكثيرين لا يقدرون على اقتنائه نظرا للارتفاع المتصاعد في سعره.

ولكنّ ثمة تحديا آخر يلوح في الأفق.

فوفقا لدراسات عديدة، سيزداد عدد سكان العالم بحلول عام 2050 بما يتراوح بين بليونين وثلاثة بلايين نسمة، الأمر الذي يُرجح تضاعف الطلب على الغذاء. كما أن هذا الطلب سيزداد أيضا لأن الكثير من الناس سوف يحصلون على دخول أعلى، الأمر الذي يعني أنهم سيأكلون كميات أكبر من الطعام وخاصة اللحوم. كما أن الاستخدام المتزايد للمحاصيل الزراعية لإنتاج وقود حيوي سيفرض على مزارعنا تلبية مزيد من الطلبات على هذه المحاصيل. لذلك، حتى ولو أمكننا حل مشكلتي الفقر والحصول على الغذاء - وهذه مهمة مثبطة للهمم - فإنه يتعين علينا أيضا مضاعفة الإنتاج الراهن للغذاء لضمان توفير كميات ملائمة منه على مستوى العالم.

وليس هذا كل ما في الأمر.

فإزالة **غابات مدارية** tropical forests، وزراعة **أراضٍ هامشية**(1)، وتكثيف الزراعة الصناعية في مناطق حساسة من **أراض مُجمّلة**(2) و**مستجمعات مياه** watersheds أدت بالبشر إلى جعل الزراعة الخطرَ البيئي السائد في كوكبنا. فالزراعة قد استهلكت حتى الآن نسبة كبيرة من مساحة أراضيه، وهي تدمر **موطنه البيئي** habitat، وتستنزف مياهه العذبة، وتلوث أنهاره ومحيطاته، وتطلق غازات **الاحتباس الحراري (الدفيئة)** greenhouse gases، بتركيز يفوق إلى حد كبير ما يؤدي إليه أي نشاط بشري آخر. ولضمان عافية الأرض على المدى الطويل، يتعين علينا أن نقلل إلى حد كبير من الآثار العكسية للزراعة.

ويواجه نظام الغذاء العالمي ثلاثة تحديات متداخلة عصية على التصديق. فعلى هذا النظام ضمان أن يحصل البلايين السبعة من البشر الأحياء على ما يكفيهم بصورة مقبولة من الغذاء؛ كما عليه مضاعفة الإنتاج الغذائي خلال الأربعين سنة القادمة؛ وعليه أيضا إنجاز كلا الهدفين وهو بالفعل نظام بيئي مستدام.

ولكن هل يمكن لهذه الأهداف المتزامنة أن تنجز؟ لقد استقر الرأي لدى فريق عالمي من الخبراء - وكنت منسِّقَ هذا الفريق - على خطوات خمس يمكنها، إذا نُفِّذت بالتلازم، أن تزيد من مقدار الغذاء المتاح للاستهلاك البشري على مستوى العالم بأكثر من مئة في المئة؛ مع تقليلها في الوقت ذاته تقليلا واسع النطاق من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، ومن نقص التنوع الأحيائي وكذلك من استهلاك المياه وتلوثها.

(*) CAN WE FEED THE WORLD AND SUSTAIN THE PLANET?

(1) marginal lands = أو أراضٍ حدّية = أراضٍ محصولها ضئيل.

(2) landscapes

باختصار

يجب على العالم أن يحل ثلاث مشكلات غذائية في آن واحد: وضع نهاية للجوع ومضاعفة الإنتاج الغذائي بحلول عام 2050 والقيام بالمهمتين مع الإقلال الفعال من الضرر البيئي الذي قد تحدثه الزراعة.

خمسة حلول، يمكنها إن اتبعت بالتلازم أن تحقق هذه الأهداف: إيقاف الزراعة عن التهام كم أكبر من الأراضي المدارية، ورفع إنتاجية الأراضي الزراعية ذات الإنتاج الأكثر تدنيا، ورفع فاعلية المياه والسماد في جميع أنحاء العالم، وإقلال الفرد من استهلاك اللحوم، والإقلال من الهدر خلال إنتاج الغذاء وتوزيعه.

إن نظام توثيق للأغذية يقوم على تحديد مقدار القيمة الغذائية التي يمكن أن يوفرها غذاء ما، ودور هذا الغذاء في مجال الأمن الغذائي، وكيف يحدُّ إقلاله من التكاليف البيئية والاجتماعية، قد يساعد الجمهور على اختيار المنتجات التي تدفع بالزراعة باتجاه أكثر استدامة.



المؤلف

Jonathan A. Foley

هو مدير المعهد الخاص بالبيئة في جامعة مينيسوتا الأمريكية، وهو أيضا رئيس «الاستدامة العالمية» في مؤسسة مكنايت McKnight بولاية مينيسوتا.

وستكون مواجهة هذا التحدي الثلاثي الأبعاد واحدة من أهم الاختبارات التي تواجه البشرية. ومن الإنصاف القول إن كيفية ونوعية استجابتنا لهذا التحدي ستقرر مصير حضارتنا.

عوائق أمام التقدم(*)

للوهلة الأولى، قد يبدو أن الطريق إلى إطعام عدد أكبر من البشر طريق سالك: إنتاج غذاء أكثر عن طريق التوسع في الأراضي المزروعة وتلك **القابلة للزراعة**(1) وتحسين الإنتاجية - أي زيادة كمية المحاصيل التي يغلها الهكتار الواحد. ولكن - للأسف - يواجه العالم عوائق مهمة على هذين المسارين.

فالبشر لا يزرعون في الوقت الحاضر سوى 38% من مساحة أراضي كوكبنا، مع استبعاد مساحتي شبه جزيرة گرينلاند والقارة القطبية الجنوبية. ومما لا شك فيه أن الزراعة هي النشاط البشري الأكثر استعمالا لأراضي كوكبنا، ولا يدانيها في ذلك أي نشاط بشري آخر. وتشمل النسبة 38% المذكورة أفضل الأراضي القابلة للزراعة. أما معظم بقية الأراضي فتغطيها الصحاري والجبال وسهوب التندرا في المناطق الباردة والجليد والمدن والحدائق العامة ومناطق أخرى غير صالحة للزراعة. أما البقية القليلة من الأراضي الواقعة على أطراف الأراضي الزراعية فتقع بشكل رئيسي في غابات المناطق الواقعة بين المدارين وسهوب **السافانا**(2)، وهي حيوية لاستقرار كوكبنا الأرضي، خاصة أنها خزانات تحتجز غاز الكربون، وأنها خزانات للتنوع الأحيائي. والتوسع إلى داخل تلك المناطق ليس بالفكرة الجيدة، ومع ذلك فقد تم سنويا خلال السنوات العشرين الماضية استصلاح ما يتراوح بين خمسة إلى عشرة ملايين هكتار من الأراضي، ونسبة كبيرة منها في المنطقة **المدارية**(3). ومع ذلك، فإن هذه الإضافات لم توسع صافي الأراضي المزروعة إلا بمقدار 3%. ويعود ذلك إلى التهام النمو العمراني للأراضي الزراعية، وإلى عوامل أخرى قاهرة، وخاصة في الأراضي الواقعة في مناطق **العروض المناخية المعتدلة**(4) temperate zones.



ويبدو أن تحسين إنتاجية الأراضي أمر جاذب. ومع ذلك، فقد وجد فريقنا البحثي أن المعدل المتوسط لإنتاجية المحاصيل قد زاد بنحو عشرين في المئة على مستوى العالم خلال العشرين سنة الماضية - وهذا بشكل عام، أقل كثيرا مما أُعْلِن عنه من قبل. ومع أن هذا التحسن كبير، فإن معدله في أي مكان من العالم، لا يشعرنا بأننا قريبون بما فيه الكفاية من مضاعفة إنتاج الغذاء في منتصف هذا القرن. ففي حين تحسنت إنتاجية بعض المحاصيل تحسنا جوهريا، لم يشهد بعضها الآخر سوى تحسن ضئيل، لا بل إن إنتاجية بضعة محاصيل أخرى قد انخفضت.

إن إطعام مزيد من البشر، سيكون أسهل لو وصل جميع الغذاء الذي ننتجه إلى أيدي البشر. ولكن ما يصل إليهم من محاصيل العالم هو فقط 60% منه: معظمه من الحبوب تليها البقوليات (الفاصولياء، والعدس)، والنباتات الزيتية، والخضار والفاكهة. وتُستخدم نسبة أخرى قدرها 35% من مجمل محاصيل العالم لإطعام الحيوانات، أما نسبة الخمسة في المئة المتبقية من المحاصيل فتذهب إلى إنتاج الوقود الحيوي والمنتجات الصناعية الأخرى. وهنا تشكل اللحوم المسألة الأكبر. فحتى بوجود أفضل منظومات إنتاج اللحوم والألبان كفاءة، فإن إطعام المحاصيل للحيوانات يقلل من كمية الموارد الغذائية التي يتوقع أن يحصل عليها بشر عالمنا هذا. وعادة

(*) BUMPING UP AGAINST BARRIERS
(1) farmland
(2) savannas: أراض عشبية تتخللها أشجار متبعثرة، وتنتشر في الغالب بين الغابات الاستوائية والصحاري.
(3) tropics
(4) المنطقة المعتدلة مناخيا هي المنطقة المحصورة بين إحدى الدائرتين القطبيتين وأحد خطي المدار على كرتنا الأرضية، مدار السرطان أو مدار الجدي. (التحرير)

ما يُستعمل لإطعام الماشية التي تتغذى بالحبوب نحو ثلاثين كيلوغراما من الحبوب لإنتاج كيلوغرام واحد من اللحم البقري المنزوع العظم والقابل للأكل. والدجاج والخنازير أكثر كفاءة في تحويل الحبوب إلى بروتين حيواني، كما أن العجول التي تتغذى بالأعشاب تحول **المادة غير المخصصة للاستهلاك البشري**[١] إلى بروتين. وعلى أي حال، فمن أي زاوية نظرنا إلى هذا الأمر، تشكل منظومات إنتاج اللحوم من الحبوب نزيفا في المورد الغذائي العالمي.

والإضرار بالبيئة، الذي هو بطبيعة الحال شديد في الوقت الراهن، هو عنصر تثبيط آخر في وجه إنتاج كم أكبر من الغذاء. ولا يضاهي مقدار التأرجح صعودا وهبوطا في مقدار التاثيرات البيئية للزراعة سوى استخدامنا للطاقة بتأثيراتها العميقة في المناخ و**تحمض المحيطات**[٢]. ويقدر فريقنا البحثي بأن الزراعة قد أزالت أو حولت تحويلا جذريا سبعين في المئة من أراضي العالم العشبية ما قبل التاريخية، وخمسين في المئة من سهوب الساڤانا، وخمسا وأربعين في المئة من غابات العروض المعتدلة المتساقطة الأوراق، وخمسا وعشرين في المئة من الغابات الاستوائية. فمنذ الفترة الأخيرة لعصر الجليد ما من شيء قد أخلّ **بالنظم البيئية الحيوية**[٣] أكثر من الزراعة. فتأثير الزراعة الطبيعي في البيئة يزيد على تأثير تعبيد الطرق والبناء في هذه البيئة في شتى أنحاء العالم بما يقارب الستين ضعفا.

المياه العذبة هي ضحية أخرى. فالبشر يستهلكون سنويا كمية مذهلة من الماء قدرها 4000 كيلومتر مكعب، معظمها مستمد من الأنهار والأحواض الجوفية. ويحوز الري على سبعين في المئة من الكمية المستجرة. وإذا احتسبنا فقط الاستخدام الاستهلاكي للماء (أي الماء المستهلك غير المعاد إلى الحوض المائي)، فإن نسبة مياه الري ترتفع إلى ثمانين أو تسعين في المئة من إجمالي الماء المستهلك. وقد نتج من ذلك تضاؤل كميات المياه المتدفقة في العديد من الأنهار الكبرى كنهر كولورادو، لا بل إن بعض الأنهار قد جف تماما. كما انخفض بسرعة منسوب المياه الجوفية في كثير من المناطق، بما في ذلك أقاليم عديدة في الولايات المتحدة والهند.

ولا يقتصر الأمر فقط على أن الماء يتناقص، بل إنه يتلوث. فقد توسع بمعدلات عالية استعمال الأسمدة ومبيدات الأعشاب والحشرات وأصبحت هذه المواد موجودة تقريبا في كل منظومة بيئية حيوية (حيبيئة). واليوم تبلغ تدفقات عنصري النتروجين والفوسفور في بيئة كوكبنا الأرضي أكثر من ضعف تدفقاتهما في عام 1960، وقد أدى ذلك إلى تلوث المياه على نطاق واسع، وإلى نشوء «مناطق ميتة» بسبب **نقص الأكسجين**[٤] اللازم للعمليات الأحيائية عند مصبات كثير من أنهار العالم الكبرى.

ومن عجائب التقادير، أن تسرب السماد الزائد على حاجة الأراضي الزراعية – الذي يتم نتيجة الاعتقاد الخاطئ أن زيادة الأسمدة تزيد أكثر الغذاء المنتج – يلحق ضررا بمصدر غذائي مهم آخر: مناطق الصيد الساحلية. ومن المؤكد أن السماد قد كان مكونا رئيسيا من مكونات الثورة الخضراء التي ساعدت على إطعام العالم، ولكن عندما ينْضح يتسرب من التربة تقريبا نصف كمية السماد الذي نستعمله ولا يستفاد منه في تغذية المحاصيل المزروعة، فمن الواضح أنه بإمكاننا عمل الأفضل.

تشكل الزراعة أيضا المصدر الوحيد الأكبر لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن نشاطات البشر، حيث تبلغ شتى أنواع هذه الانبعاثات مجتمعة نحو 35 في المئة مما نطلقه من غازات ثنائي أكسيد الكربون والميثان و**أكسيد النتروز**[٥]. وهذا الانبعاث أكثر من الانبعاثات الناتجة من قطاع النقل في شتى أرجاء العالم (بما في ذلك جميع السيارات والشاحنات والطائرات)، أو أنه أكثر من الانبعاثات الناتجة من توليد الكهرباء. والطاقة المستعملة لإنتاج الغذاء ومعالجته ونقله هي الأخرى مصدر قلق، بيد أن الغالبية العظمى من الانبعاثات تأتي من اجتثات الغابات المدارية ومن غاز الميثان الناتج من الحيوانات ومن حقول الأرز، ومن غاز أكسيد النتروز الناتج من فرط تسميد التربة.

خمسة حلول[*]

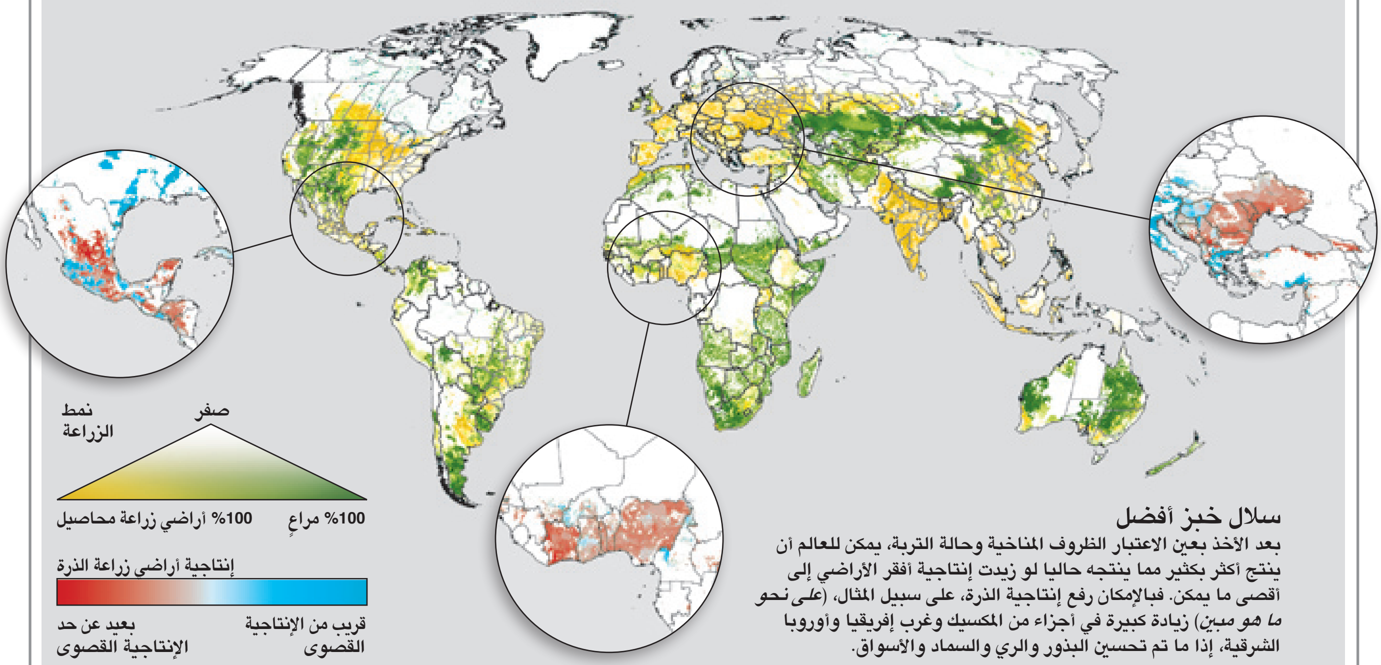
لقد كانت الزراعة العصرية قوة إيجابية كبرى في العالم، ولكن لم يعد بإمكاننا تجاهل قدرتها المتضائلة تدريجيا على التوسع أو تجاهل الضرر البيئي المتزايد الذي تفرضه. وغالبا ما كانت المقاربات السابقة لحل مشكلات الغذاء والبيئة متنافرة. فبوسعنا زيادة إنتاج الغذاء بتحرير مزيد من الأرض أو باستخدام مزيد من المياه والكيماويات، ولكن ذلك لن يكون إلا على حساب البيئة. أو قد يكون بمقدورنا إعادة تجديد المنظومات البيئية الحيوية بأن نتوقف عن زراعة بعض الأراضي، ولكن هذا لن يتم إلا بتخفيض إنتاج الغذاء. وهذه المقاربة، إما هذا أو ذاك، لم تعد مقبولة. إننا في الحقيقة نحتاج إلى حلول متكاملة.

وقد توصل فريقنا العالمي بعد شهور عديدة من البحث والتداول – استنادا إلى تحليل المعلومات المتحصل عليها

(*) FIVE SOLUTIONS
(١) nonfood material
(٢) ocean acidfication
(٣) Ecosystems: منظومة بيئية في موقع ما تشمل الكائنات الحية وغير الحية كالتربة والماء والشمس وجميعها في تفاعل مستمر.
(٤) Hypoxic: تناقص كبير في تركيز الأكسجين المذاب في المياه إلى حد الإضرار بالأحياء المائية.
(٥) nitrous oxide: يعرف هذا الغاز أيضا بغاز الضحك، وصيغته الكيميائية N_2O. (التحرير)

الزراعة تبلغ الجدار وليس السقف[*]

يـزرع البشـر في أيامنا هذه نسـبة 38% من مسـاحة أراضـي كوكبنا غير المغطاة بالجليد. ونصيب المحاصيل من هذه المساحة ثلثها؛ بينما تغطي البقيـة المـروج ومراعي الماشـية. ولا توجد إلا فسـحة قليلة للتوسـع لأن معظم الأراضي المتبقية عبارة عن صحار وجبال وسهوب تندرا tundra أو مناطـق عمرانيـة. ولا يزال بمقدور بعض الأراضي فـي العديد من المناطق الموجودة أن تكون أكثر إنتاجية (*انظر في هذا الإطار*).



سلال خبز أفضل

بعد الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية وحالة التربة، يمكن للعالم أن ينتج أكثر بكثير مما ينتجه حاليا لو زيدت إنتاجية أفقر الأراضي إلى أقصى ما يمكن. فبالإمكان رفع إنتاجية الذرة، على سبيل المثال، (*على نحو ما هو مبين*) زيادة كبيرة في أجزاء من المكسيك وغرب إفريقيا وأوروبا الشرقية، إذا ما تم تحسين البذور والري والسماد والأسواق.

حديثا حول الزراعــة والبيئة على نطاق العالم كله – إلى خطة مؤلفة من خمس نقاط لمواجهة التحديات الغذائية والبيئية معا.

لنتوقـف عـن توسـيع تأثيـر الزراعـة فـي البيئـة. توصيتنــا الأولى في هــذا الصدد هي وجوب إبطاء توســع الزراعــة وصولا إلى إيقافــه في نهاية المطــاف، خاصة في الغابات المدارية وسهوب السافانا. إن لاختفاء هذه المنظومات البيئية الحيوية تأثيرات سلبية بعيدة المدى في البيئة، وخاصة عبر تنــوع أحيائي مفقود وانبعاثات ثنائي أكســيد الكربون المتزايدة (نتيجة لكسح الأرض لتهيئتها للزراعة).

إن إبطــاء وتيــرة إزالة الغابات لابــد أن يقلل من الضرر البيئي تقليلا واســع المدى، بينما لن يفرض على إنتاج الغذاء في شــتى أنحاء العالم ســوى أقل القيــود. ويمكن تعويض الانخفــاض الحاصل في إنتاجية الأراضي المزروعة بالتقليل مــن إحلال الأراضــي المخصصة للإعمــار محل الأراضي المخصصة للزراعة، وبالتقليل من الممارسات التي تعمل على تدهور هذه الأراضي، وبالتقليل من التخلي عن العمل فيها.

لقــد قُدمت مقترحات عديــدة للتخفيف مــن عمليات إزالة الغابــات. وأحــد المقترحــات الواعــدة كثيرا هو آليــة **تقليل الانبعاثـات الناتجـة مـن إزالـة الغابـات وتدهـور جـودة الأراضـي الزراعيـة** (REED)[1]. وبموجــب هــذه الآلية تقدم الدول الغنية إلى الدول الاســتوائية دعمــا ماليا مقابل قيامها بحماية غاباتهــا المطيرة، وبذا تحصل الــدول الغنية لقاء ذلك على **أذونات / شهادات كربون**[2]. وتشمل آليات أخرى تطوير **توثيـق المعايير** certification standards الخاصــة بالمنتجات الزراعيــة بحيث تضمن الشــركات المورّدة لهــذه المنتجات أن تلــك المحاصيل لم تزرع في أراض ناجمة عــن إزالة الغابات. كما يمكن أيضا لسياســة أفضل فــي مجال **الوقود الحيوي** biofuel تعتمد على المحاصيل غير المعدة للاســتهلاك البشري، **كالتبن**[3]، بدلا من المحاصيل المعدة للاســتهلاك البشــري، أن تجعل من الأراضي الزراعية التي يجري توفيرها أمرا حيويا.

لنغلـق فجوات العالـم الإنتاجيـة. من أجل مضاعفة

(*) Farming Hits the Wall, but Not the Ceiling

(١) Reducing Emissions from Deforestation and Degradation

(٢) carbon credits: شهادات تسمح كل واحدة منها لحاملها (أصحاب المصانع عادة) بإطــلاق طــن واحد من غاز ثنائي أكســيد الكربون CO_2، وهي تمنــح للبلدان أو الشــركات التي قللت مــن إطلاقها لغازات الاحتباس الحــراري (الدفيئة) إلى ما دون حصــة (كوتا) الانبعــاث المخصصة لها، ويمكن المتاجرة بهذه الشــهادات في ســوق عالمية خاصة بها بقيمتها الســوقية الراهنة. لمزيــد من المعلومات حول شــهادات (أذون أو رخص) كربون، انظر: «تتشــغيل أســواق الكربون»، **مجلة العلوم**، العددان 2/1(2009)، ص 64.

(٣) switchgrass

إنتاج الغــذاء في كافة أرجــاء العالم من دون التوســع في تأثيــر الزراعة فــي البيئة، يتعين علينــا أن نُحسِّــن تحســينا واســع المدى ما تغله الأراضي الزراعيــة. وهنا يوجد خياران: فبمقدورنـــا تعزيـــز إنتاجية أفضـــل أراضينا الزراعيـــة – برفع ســـقف إنتاجيتها من خلال تحســـين **علم وراثـة المحاصيـل**[1] ومن خلال تحســـين الإدارة. أو بإمكاننا تحســـين إنتاجية الأراضي الزراعية الأقــل إنتاجية في العالم – بإغلاق «**فجــوة الإنتاجيــة**» the yield gap بين الإنتاجية الحالية لأراضٍ زراعية ما وإنتاجيتها المتوقعــة الأعلى. ويؤمِّن الخيــار الثاني الربح الأكبر والمباشر أكثر – خاصة في المناطق حيث الجوع على أشده.

لقد قام فريقنا البحثي بتحليل الأنماط العالمية لإنتاجيــات المحاصيــل فوجــد أن هناك فجوة واســعة في هذه الإنتاجيات فــي معظم مناطق العالم. وعلى وجه الخصوص، يمكن زيادة تلك الإنتاجيات بمقادير كبيرة في العديد من أجزاء إفريقيا وأمريكا الوسطى وأوروبا الشرقية. ففي هــذه الأقاليم يمكن أن ننتــج من قطعة الأرض ذاتها قدرا أكبــر بكثير مما عهدنا إنتاجه منها إذا ما اســـتخدمنا بذورا أفضل واســـتخدمنا السماد بطريقة أكثر كفاءة واستخدمنا أسلوبَ ري فعالا. وقد خلص التحليل الذي قمنا به إلى أن ســدّ فجوة إنتاجية المحاصيل الستة عشر الأكثر أهمية في العالم يمكن أن يزيد إنتاجية الغذاء الإجمالية بما يتراوح بين خمســين إلى ستين في المئة، دون أن يصحب هذه الزيادة سوى قليل من الضرر البيئي.

هــذا وإن تضييق فجوات الإنتاجية فــي الأراضي الزراعية الأقــل إنتاجا قــد يتطلب في الغالب اســتخدام بعض الكميات الإضافية من الســماد والماء. وهنا لابد من أخذ الحيطة لتفادي الاســتعمال المفرط للــري والمواد الكيميائية. ويمكن تحســين الإنتاجيــة عن طريــق الكثير مــن التقنيات الأخــرى. فتقنيات الزراعة باســتعمال «الحراثة غير العميقة» لا تثير إلا القليل من التربة، مما يحول دون تعريتها. كما تســاعد أيضا **المحاصيل الحمائية**[2] المزروعة بين مواسم المحاصيل الغذائية على الإقلال من الحشــائش الضارة وإضافة عناصر غذائية ونتروجين إلى التربة أثناء الحراثة. كما يمكن أيضا تبني الدروس المستقاة من المنظومات العضوية والأنظمة التي **تطبق القوانين البيئية في مجــال الزراعة**[3]، مثل تــرك بقايا المحاصيل في الحقل لتتحلل إلــى عناصر غذائية. ولكي نغلق فجوات الإنتاج على مســتوى العالم، علينــا أيضا التغلب على عدد من التحديات الاقتصادية والاجتماعية الجدّية، بما في ذلك توزيع أفضل للسماد واستعمال تشــكيلات من البذور لتزرع فــي المناطــق ذات التربة الفقيرة وتحسين الدخول إلى الأسواق العالمية لكثير من المناطق.

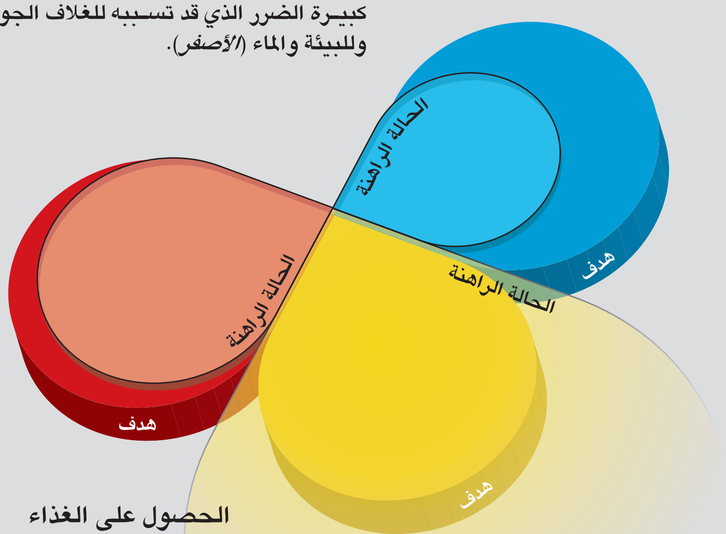
لنستخدم الموارد بفاعلية أكبر. من أجل تخفيف الآثار البيئية للزراعة، يجب على المناطق المنخفضة والعالية الإنتاجية على حد سواء أن تمارس وبشكل واسع الزراعة بفاعلية أكبر، وذلك بالحصول على أكبر قدر من المحصول باستخدام وحدة واحدة من كل من الماء والسماد والطاقة.

استراتيجية

الناتج يتوسع، والضرر يتقلص(*)

من أجل أن تطعم العالم بأسره من دون أن تلحق الضرر بكوكبنا، سـوف يتعين على الزراعة أن تنتـج مـن الغذاء أكثـر بكثير ممـا تنتجه الآن (*الأزرق*) وأن تتوفر لها وسائل أفضل لتوزيعه (*الأحمـر*)، في الوقت الـذي تقلص فيه بصورة كبيـرة الضرر الذي قد تسـببه للغلاف الجوي وللبيئة والماء (*الأصفر*).

إنتاج الغذاء
بحلول عام **2050** سيزيد عدد سكان العالم على عددهم الحالي بما يتراوح بين بليونين وثلاثة بلايين نسمة، وستتوفر نسبة كبيرة منهم على دخول عالية، مما يعني أن الفرد الواحد منهم سيستهلك من الغذاء قدرا أكبر. أما المزارعون فسيتعين عليهم أن ينتجوا حينئذ ضعف ما ينتجونه اليوم من غذاء.



الحصول على الغذاء
يعاني أكثر من بليون شخص من سكان العالم السبعة بلايين جوعا شديدا. ومن ثم يجب تجاوز الفقر وسوء توزيع الغذاء ليحصل كل شخص على الكالوريات (السعرات الحرارية) اللازمة له.

الضرر البيئي
لتقليل الضرر البيئي، يتعين على الزراعة أن توقف توسعها داخل الغابات المدارية، وأن ترفع من إنتاج الأراضي الزراعية ذات الأداء المنخفض (الأمر الذي يمكن أن يعزز الإنتاج بما يتراوح بين **50** إلى **60** في المئة)، كما عليها استخدام الماء والأسمدة بفاعلية أكبر، وأن تحول دون تدهور التربة.

(*) Output Expands, Harm Contracts

(1) crop genetics = أو علم جينية المحاصيل.

(2) cover crops: محاصيل تزرع لتحسين خصائص التربة المختلفة.

(3) agroecological: تطبيق مبادئ البيئة الحيوية على الممارسات الزراعية. (التحرير)

ففي المتوسط، يلزم نحو لتر واحد من مياه الري لإنتاج **كالوري** calorie (سعرة حرارية) واحد مستمد من الغذاء، مع أن بعض المناطق تستخدم ماء أكثر من هذا القدر بكثير لإنتاج الكالوري ذاته. لقد خلص تحليلنا إلى أنه يمكن للزراعة أن تقلل من استعمال الماء تقليلا كبيرا دون أن يقل إنتاج الغذاء كثيرا، وخاصة في المناطق ذات المناخات الجافة. وفي هذا الخصوص، تشتمل الاستراتيجيات الأساسية على الري بالتنقيط (حيث يعطى الماء مباشرة عند قاعدة النبتة وليس برشه بإسراف في الهواء)؛ كما تشتمل على التغطية (تغطية التربة بمادة عضوية للإبقاء على الرطوبة)، والإقلال من الفقد المائي من منظومات الري (بتقليل التبخر من الأقنية وخزانات المياه).

باستخدامنا للأسمدة، نواجه مشكلة هي شكل من أشكال قصة الفتاة الصغيرة گولديلوكس Goldilocks[(1)]. فبعض الأماكن تتوفر على القليل جدا من العناصر الغذائية وبالتالي فهي فقيرة بالمحاصيل، بينما تتوفر أماكن أخرى على الكثير من السماد مما يؤدي إلى تلويث التربة. فما من أحد تقريبا يستعمل الكميات اللازمة تماما من الأسمدة. ويُظهر تحليلنا وجود مناطق على كوكبنا أكثر مثارا للاهتمام في هذا المجال hotspots – وخاصة في الصين وشمال الهند ووسط الولايات المتحدة وغرب أوروبا – حيث يمكن للمزارعين الإقلال كثيرا من كميات السماد دون تأثير يذكر في إنتاج الغذاء. وإنه لأمر مذهل أن تسبب نحو عشرة في المئة فقط من الأراضي الزراعية ما بين ثلاثين وأربعين في المئة من التلوث الناجم عن عمليات التسميد الزراعي.

ومن بين الإجراءات التي يمكن أن تواجه هذا الإفراط تقديم حوافز إجرائية واقتصادية، كمنح أموالٍ للمزارعين لقاء رعاية وحماية الأحواض المائية، وذلك بهدف الإقلال من الإفراط في استعمال الأسمدة، وبهدف تحسين **مخصبات التربة الحيوانية أو النباتية المصدر** manure (وخاصة تخزين هذه المخصبات للإقلال من جرفها إلى الأحواض المائية خلال عاصفة مطرية)، وبهدف استخلاص الكثير من العناصر الغذائية عبر عمليات تدوير الفضلات، واعتماد إجراءات أخرى للمحافظة على البيئة. كما أن إصلاح **الأراضي الرطبة** wetlands يعزز إمكاناتها كإسفنجة طبيعية ترشح العناصر الغذائية من المياه المتدفقة من على سطح الأرض.

وهنا أيضا تساعد الحراثة غير العميقة على تغذية التربة، مثلما يمكن أن تفعل الزراعة ذات إجراءات تنفيذ دقيقة (إعطاء السماد والماء فقط عندما تكون التربة بحاجة إليهما، وعندما يكونان أكثر فاعلية) ومثلما تفعل تقنيات **الزراعة العضوية** organic farming.

لنبعد اللحوم عن وجباتنا الغذائية. يمكننا أن نزيد زيادة كبيرة المتاح من الغذاء على مستوى العالم وأن نزيد من حظوظ ديمومة الشروط البيئية المواتية بزيادة المستخدم من محاصيلنا لإطعام البشر مباشرة وتقليل المستخدم منها لتسمين المواشي.

ويمكن للبشر على مستوى العالم كله أن يحصلوا سنويا على كالوريات (سعرات حرارية) إضافية قدرها 3 **كوادريليونات**[(٢)] كالوري – وهي زيادة قدرها 50 في المئة مما يحصل عليه البشر حاليا من كالوريات – وذلك بجعل طعامنا نباتيا بالكامل. ومن الطبيعي، أن لطعامنا الراهن ولاستعمالات المحاصيل العديد من المزايا الاقتصادية والاجتماعية، ومن المرجح أنه لن يكون بمقدورنا تغيير أفضلياتنا في هذا الخصوص تغييرا تاما. ومع هذا فإن تعديلات صغيرة في نظامنا الغذائي، مثلا، الانتقال من تناول لحوم الأبقار التي تتغذى بالحبوب إلى تناول لحوم الدواجن والخنازير، أو تناول لحوم الأبقار التي تتغذى بالأعشاب وحدها، قد يكون لتلك التعديلات جزاء سخي.

لنقلّل من نفايات الطعام. وصية أخيرة، واضحة لكنها غالبا ما تُهمل: يجب التقليل من النفايات في منظومة الغذاء. فثلاثون في المئة من الغذاء المنتج على كوكبنا يُنبذ أو يفقد أو يُفسد أو تستهلكه الآفات.

ففي البلدان الغنية، يحصل معظم الهدر في طرف المستهلك من المنظومة: في المطاعم وحاويات القمامة. ويمكن لتغييرات بسيطة في أنماط استهلاكنا اليومي، كالتقليل من الوجبات المفرطة في حجومها، والتقليل مما يُطرح في حاويات الزبالة، وكذلك التقليل من عدد وجبات المطاعم التي يتم تناولها في هذه المطاعم أو خارجها. أما في الدول الفقيرة فحجم ضياع الغذاء فيها مماثل لحجم ضياعه في الدول الغنية، ولكنه ضياع يحصل في طرف المنتج وليس في طرف المستهلك من منظومة الغذاء، وذلك إما بفشل المحصول أو تخريب مكدّساته من قبل الآفات، أو عدم إيصاله إلى المستهلك بسبب سوء البنى التحتية وسوء الأسواق. وهنا يمكن لنظم التخزين والتبريد والتوزيع المحسنة أن تقلص من الضياعات إلى حد كبير. إضافة إلى ذلك، يمكن لنظم تسويق أفضل أن تربط من لديهم محاصيل بأولئك المحتاجين إليها، كنظم الهواتف الخلوية في إفريقيا التي تربط بين المنتجين والتجار والمشترين.

(١) Goldi Locks: قصة خرافية للأطفال تفضي إلى نتيجة أن هناك دوما قيما ما مثالية بين قيمتين حديتين.

(٢) quadrillion: الكوادريليون = 10^{15}

(التحرير)

ومع أن استبعاد الهدر في الغذاء نهائيا وهو في طريقه من المزرعة إلى طعام المستهلك أمر غير واقعي، فإن مجرد القيام بخطوات بسيطة قد يكون مفيدا إلى أقصى حد. ويمكن لجهود هادفة خاصة تقليل الهدر في الأغذية التي تتطلب في إنتاجها إلى موارد علفية مركّزة، كاللحوم والألبان، أن تفضي إلى نتائج مبهرة.

التحرك نحو منظومة غذاء متشابكة(*)

إن استراتيجيتنا الخماسية النقاط يمكنها من حيث المبدأ مواجهة العديد من التحديات في مجال الأمن الغذائي والبيئة. ويمكن للخطوات المنوه بها سابقا مجتمعة أن تزيد من الطعام المتاح للعالم بما يتراوح بين 100 إلى 180 في المئة، مع تخفيضها في الوقت ذاته تخفيضا ضخما انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، والفقد في التنوع الأحيائي، وتخفيض استعمال المياه وتخفيض تلوثها.

وإنه لمن المهم التأكيد على وجوب اتباع النقاط الخمس كافة (وربما أكثر من ذلك من نقاط) في آن واحد. فما من استراتيجية منفردة تكفي لحل جميع مشكلاتنا. **لنفكر في أكثر من حل**(١)، ولنبتعد عن التفكير في مجرد حل واحد مباشر نتخيله الحل الأكثر فاعلية. ولدينا الكثير من النجاحات الهائلة التي يجب أن نبني عليها، نجاحات مصدرها الثورة الخضراء والزراعة الصناعية التوجه، جنبا إلى جنب مع الاختراعات في مجال الزراعة العضوية ومنظومات الغذاء المحلية. فلنأخذ أفضل الأفكار وندمجها معا في مقاربة جديدة - منظومة غذائية مستدامة تركز على الأداء في المجالات الغذائية والاجتماعية والبيئية، لجعل إنتاج الغذاء المعتمد في حجم مناسب.

ويمكننا تكوين منظومة الجيل القادم هذه بوصفها شبكة منظومات زراعية محلية تستجيب لما يجاورها من مناخ ومياه ومنظومات بيئية حيوية (حيبيئة) وثقافية، يرتبط بعضها ببعض من خلال وسائل فعالة عالمية في مجالي التجارة والمواصلات. ويمكن لهكذا منظومة أن تكون مرنة وتؤمن أيضا للمزارعين دخلا يكفل لهم معيشة لائقة.

وإحدى الوسائل التي قد تساعد على تعزيز منظومة الغذاء الجديدة هذه هي تلك المكافئة للبرنامج «**الريادي في التصميم الطاقي والبيئي**» (LEED)(٢) المعمول به حاليا في مجال إنشاء **مستدام**(٣) لمبان تجارية جديدة. ويمنح البرنامج LEED بازدياد شهادات متدرجة بالاستناد إلى مدى شمول المنشآت لنقاط يجري تجميعها عبر دمج نسق واسع من **الخيارات الخضراء**(٤)، بدءا من الطاقة الشمسية والإنارة الفعالة وانتهاء بمواد البناء المعاد تدويرها ونفايات الإنشاء القليلة.

وفي مجال الزراعة المستدامة، يُمنح الغذاء نقاطا تستند إلى مدى قدرته على تأمين تغذية جيدة، وضمان الأمن الغذائي ومنافع أخرى عامة، يُخصم منها تكاليفه البيئية والاجتماعية. وهذا التوثيق يساعدنا على النظر إلى أبعد مما هو مكتوب على لصاقات الغذاء الحالية من مثل كلمتي «**محلي**» local و «**عضوي**» organic اللتين لا تخبرانا بما يكفي حول ما نأكل. وبدلا من ذلك يمكن أن ننظر إلى الأداء الإجمالي لطعامنا - من خلال قدره الغذائي والاجتماعي والبيئي - ومن ثم نوازن بين تكاليف ومنافع مختلف المقاربات الزراعية.

لنتخيل الإمكانيات التالية: **حمضيات**(٥) وقهوة مستدامة من المناطق المدارية، مع حبوب مستدامة من منطقة معتدلة مناخيا، مكمّلة بخضار ورقية وأخرى ذات جذور مزروعة محليا، استنبتت جميعها وفقا لمعايير قائمة على الشفافية وعلوّ الأداء. استخدم هاتفك الخلوي (المحمول) الذكي، وأحدث البرامج الحاسوبية الخاصة بالغذاء المستدام، وآنئذ ستعرف مصدر غذائك ومَنْ زرعه وكيف جرت تنميته، والكيفية التي صنف فيها وفقا لمختلف المعايير الاجتماعية والغذائية والبيئية. وعندما تجد الغذاء الملائم، يمكنك عن طريق الإنترنت أن تُعلم بذلك شبكتك الاجتماعية التي تضم المزارعين والناس المعنيين بهذا النوع من الطعام.

إن مبادئ وتطبيقات منظوماتنا الزراعية المختلفة - من التجارية الواسعة النطاق إلى المحلية والعضوية - تقدم الأساس للتشبث بمتطلبات الأمن الغذائي والحاجات البيئية على نطاق العالم. وسوف يكون إطعام تسعة بلايين نسمة بطريقة مستدامة واحدا من أكبر التحديات التي على حضارتنا مواجهتها. وسوف تتطلب مواجهة هذه التحدياتِ الخيالَ والعزيمة والعمل الشاق من قبل أعداد لا تحصى من الناس من سائر أرجاء العالم. ولا وقت يعتبر مهدرا في هذا الشأن الحيوي على نطاق العالم. ■

(*) MOVING TOWARD A NETWORKED FOOD SYSTEM
(١) think silver buckshot, not a silver bullet
(٢) leadership in Energy and Environmental Design, LEED
(٣) sustainable
(٤) green options
(٥) citrus

مراجع للاستزادة

Global Consequences of Land Use. Jonathan A. Foley et al. in *Science*, Vol. 309, pages 570–574; July 22, 2005.

Enough: Why the World's Poorest Starve in an Age of Plenty. Roger Thurow and Scott Kilman. Public Affairs, 2010.

Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. H. Charles J. Godfray et al. in *Science*, Vol. 327, pages 812–818; February 12, 2010.

Solutions for a Cultivated Planet. Jonathan A. Foley et al. in *Nature*, Vol. 478; October 20, 2011.

Scientific American, **November 2011**

النقطة يعتدل الطقس عند القطبين. أما كربونات الكالسيوم، فربما تكونت أثناء هذه الأحقاب الدافئة والرطبة.

أظهرت واحدة من عمليات أرصادنا كيف ربما يمكن لمنظومة بيئية ميكروبية أن تكون قادرة على النشاط. لقد سجل جهاز lidar هطولا ثلجيا حول المركبة في وقت صباحي مبكر مع اقتراب فصل الصيف المريخي من نهايته وميل أشعة الشمس بزاوية أكبر. يمكن لبخار الثلج أن يغطي حبيبات الغبار وفق عملية تعرف باسم **الامتزاز** adsorption (التي تختلف عن عملية **الامتصاص** absorption). يتصرف الماء الممتز (العالق على سطح جسم صلب) مثل طبقة سائل رقيقة جدا. وفي أوقات الدفء، يمكن أن يزداد سمك هذه الطبقة إلى درجة تتكون فيها ممرات بين حبيبات الغبار - وهذا يشبه بحرا مجهريا تكون فيه ميكروبات بالغة الصغر مغمورة تماما. عند ذلك، ستكون المواد المؤكسدة والمغذية التي شاهدتها بعثة فينيكس موجودة لمد المخلوقات الآكلة لفوق الكلورات بالطاقة. ومع ذلك، فهي ما زالت بحاجة إلى القدرة على السبات ملايين كثيرة من السنين كي تنجو بحياتها من أحقاب البرد والجفاف.

ولفوق الكلورات خاصية أخرى وثيقة الصلة بالموضوع: إذ يمكنها، إذا كانت مركزة، أن تخفض درجة تجمد الماء إلى 70 درجة مئوية تحت الصفر. وهذا يعني أن الميكروبات ربما تكون قادرة على إيجاد بيئة ملائمة على المريخ حتى عندما يتحول مناخه إلى البرودة. وعموما، فإن اكتشاف فوق الكلورات قد أحدث موجة من الإثارة في الأوساط العلمية المعنية بعلوم المريخ.

هل القطب صالح للسُّكنى؟(*)

ربما يفك وجود فوق الكلورات أيضا لغزا عمره 35 عاما. فعندما أجرت المركبة ڤايكنگ تجربة تحليل التربة بتسخينها العينات في فرن صغير، رصدت انبعاثات **كلور الميثان** chloromethanes. عزا علماء ڤايكنگ، الذين لم يتمكنوا من استيعاب كيف يمكن لمواد كيميائية مثل هذه أن تكون مريخية الأصل، هذا الانبعاث إلى حدوث تلوث بمادة تنظيف استخدمت قبل الإطلاق. وقد أخفقت التجربة ذاتها في رصد وجود أي مادة عضوية مريخية.

يوحي وجود فوق الكلورات بتفسير مختلف. وقد أعاد باحثون في مركز National Autonomous بجامعة مكسيكو وزملاؤهم التجربة ذاتها على عينات من تربة شبه مريخية جُلبت من صحراء آتاكاما، مع، ومن دون، كميات صغيرة من فوق الكلورات. فعندما أعادوا توليد الناتج الغازي الذي رآته ڤايكنگ، أطلقت فوق الكلورات أكسجينها وأحرقت المواد العضوية، وأنتجت كلور الميثان في أثناء العملية. وهكذا فربما أمكن لتربة حاوية لفوق الكلورات أن تحوي كميات لا بأس بها من مواد عضوية - أكثر من جزء واحد بالمليون - لكن اكتشافها استعصى على بعثة ڤايكنگ. وفي دعم لهذا التفسير، وجدت الأداة TEGA أن التربة بدأت بإطلاق غاز ثنائي أكسيد الكربون مع ارتفاع حرارة الفرن إلى درجة أعلى من 300 درجة مئوية - وهذا تماما ما يمكن أن نتوقعه إذا كانت المواد العضوية في التربة تتأكسد بفعل فوق الكلورات.

وعموما، فإن فرص اكتشاف حياة على المريخ لم تبد مطلقا أفضل من هذا. ولكن ذلك كان بقدر ما استطاعت بيانات فينيكس أن تأخذنا إليه؛ والأمر الآن آل إلى بعثة مختبر علوم المريخ MSL لتبحث عن مزيد من دلائل قابلية الحياة. فالأدلة التي قدمتها نتائج فينيكس كانت ظرفية فقط، في حين تحظى معدات التحليل على متن مختبر علوم المريخ MSL بالقدرة على كشف البصمات العضوية في التربة دون تسخينها. إنها تفعل هذا من خلال عملية تسمى **الاشتقاق الكيميائي** derivatization (أو التحويل الكيميائي)، يجري فيها إضافة تربة مريخية إلى حساء كيميائي خاص، وأية جزيئات عضوية موجودة فيه تتبخر وترصد بواسطة **مقياس طيف كتلي**(1).

عملت مركبة بعثة فينيكس مدة خمسة أشهر رائعة قبل أن تطبق عليها ظلمة وبرودة الشتاء القطبي المريخي. ففي الشهر 2008/11 فقدنا إشارة الإرسال الراديوية الواردة من المركبة. إن التفاؤل في ميدان الأبحاث العلمية يعد مجازفة مهنية، فمع عودة فصل الربيع إلى مناطق القطب الشمالي المريخي في العام التالي، كنت وزملائي نأمل في أن تعود المركبة فينيكس إلى الحياة من جديد. ولكن هذا لم يكن ليحدث. فقد أظهرت آخر صورة من المدار فينيكس وهي ترقد محطمة، غارقة في جليد ثنائي أكسيد الكربون الذي اتخذ أشكالا تزيينية على أرض وعرة. لذا لم تعد فينيكس محطة علمية، لقد باتت جزءا من المشهد المريخي. ■

(*) IS THE POLE HABITABLE?
(1) a mass spectrometer

مراجع للاستزادة

H_2O at the Phoenix Landing Site. P. H. Smith et al. in *Science*, Vol. 325, pages 58–61; July 3, 2009.
Habitability of the Phoenix Landing Site. C. R. Stoker et al. in *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, Article No. E00E20; June 16, 2010.
Martian Summer: Robot Arms, Cowboy Spacemen, and My 90 Days with the Phoenix Mars Mission. Andrew Kessler. Pegasus, 2011.

Scientific American, November 2011

بعد الطوفان(*)

سلسلة متلاحقة حديثة من موجات الجفاف والفيضانات والحر الشديد دفعت زعماء المدن والولايات إلى اتخاذ خطوات جريئة لحماية الناس وممتلكاتهم.

<J. A. كاري>

لقرن من الزمن كان العمال يتجمعون حول مدينة دوبوك، في ولاية آيوا. وكلما كانت تتزايد أعداد الأجيال الجديدة من العمال، كانوا يبنون منازل ومحلات تجارية وشوارع غطت في آخر الأمر المجرى المائي Bee Branch Creek، حيث كانت مياهه تتدفق من خلال أنابيب تحت أرضية بعيدة إلى حد كبير عن الأنظار والذاكرة.

حتى جاء موسم الأمطار. ففي يوم 1999/5/16، وفي غضون 24 ساعة هطل 5.6 بوصة من الأمطار أدت إلى فيضان أنابيب المجاري والبالوعات، وتطاير أغطية غرف التفتيش، وتحويل الشوارع إلى أنهار عميقة جارفة غمرت مئات المنازل والمحلات التجارية.

وفي اجتماع سكان الحي الذي عُقِد بعد بضعة أسابيع من الفيضان، يعيد عمدة المدينة <R. بيول> إلى الذاكرة قوله: «إنّ الجميع كان مستاء.» وبحلول عام 2001 وضعت المدينة خطة رئيسية لحل مخاطر الفيضانات، وذلك بإعادة المجرى المغطى إلى مجرى مفتوح ذي ضفاف متدرجة يمكنها التعامل مع مياه الفيضانات. وبطبيعة الحال، فإنّ ذلك سيتطلب هدم عشرات المنازل. ولكنّ هذه الخطة «لم تكن مقبولة،» حسب قول <D. مويهرينك>، المهندس المدني في المدينة. وتوقف التخطيط فجأة عن العمل.

وبعد ذلك، في الشهر 2002/6 وعلى مدى يومين، هطل أكثر من ست بوصات من الأمطار، ممّا دفع مياه العواصف إلى العودة مرة أخرى إلى المنازل والمباني نفسها التي كان قد تم تجديدها بمشقة. وهذا ما ساعد على كسر الجمود السياسي وجعل قادة المدينة يُجمعون على تنفيذ خطة بلغت تكاليفها 21 مليون دولار لإعادة بناء الجوار، مما تطلب هدم منازل وإضافة حديقة خضراء مع مجرى مائي فيها وبركتين لاحتجاز المياه. ولم يقتصر اتخاذ قرارهم على الكلام حول تغير المناخ أو الحاجة إلى إنقاذ كوكب الأرض من أجل الأجيال القادمة. لقد سئم السكان من هذا الوضع، وازداد قلق القادةِ المحليين من تدهور أوضاع الحي باستمرار. وقد بدأت المدينة بشراء 74 ملكية خاصة وجرى تجديد وتحديث آخر فيها بعد فيضان عام 2010. واستعاد المهندسون نحو 2000 قدم من المجرى المائي Bee Branch Creek. وعند الانتهاء من المشروع في عام 2013، ستكون المدينة قادرة على الصمود أمام فيضانات متكررة قد تنتج من هطل 10 بوصات أو أكثر من الأمطار تلك التي هطلت في الشهر 2011/7، وسببت أضرارا قُدِّرت بعدة ملايين من الدولارات.

تشكل نشاطات مدينة دوبوك المتوقفة صورة مصغرة لقصة كبيرة تتجلى عبر سياسات الولايات المتحدة الفيدرالية حول مقاومة تغير المناخ، ويتهم بعضُ أعضاء الكونگرس العلماءَ باختلاق الموضوع بأكمله. ولكن المدن والبلدات

(*) AFTER THE DELUGE

باختصار

محبطة من الجمود السياسي في واشنطن العاصمة حول سياسة تغير المناخ، تقوم المدن والولايات بتغيير البنية التحتية من تلقاء نفسها لمقاومة الظروف المناخية الشديدة التي تقضي على المزيد من الناس وتدمر المزيد من الممتلكات.

فقد كشفت مدينة دوبوك بولاية آيوا، مجرى مدفونا للحد من اجتياح الفيضانات العاصفة. ويجري في نيڤادا الجنوبية حفر أنابيب مآخذ جديدة تحت بحيرة Mead لمكافحة الجفاف. ويجري في مدينة Keene، بنيوهامبشاير فرش الطرقات بحجارة رصف نفوذة تسمح للأمطار الغزيرة بالتسرب من خلالها بدلا من أن تجري فوقها.

وإنّ أنجح خطط التأقلم مع تغيّر المناخ هي التي تصممها البلديات لأنّ الحلول يجب أن تكون مصمّمة للمشكلات المحلية، ولكن توفير الدعم اللازم لهذه الخطط، يحتاج في غالب الأحيان إلى قادة شجعان.

وسلطات المياه، ووكالات النقل وغيرها من الكيانات المحلية لا ترغب في مناقشة حقيقة حدوث تغير مناخي: إنهم يتفاعلون الآن مع الحدث. وكما يحصل في مدينة دوبوك، فإنهم يواجهون بالفعل موجات لم يسبق لها مثيل من الفيضانات والجفاف والحر وارتفاع منسوب مياه البحار والموت والدمار، ومن المتوقع وقوع جميع هذه الأحداث. «فيجب علينا أن نكون جادين في التأقلم مع تغير المناخ» حسب قول <R. هوگ>، نائب (سناتور) ولاية آيوا.



طريق مسدود: الفيضانات المماثلة لفيضان نهر ديلاوير تجبر المدن على وضع خطة لأحوال الطقس الشديدة.

وبالفعل فإن نحو 16 ولاية من الولايات المتحدة لديها خطط للتأقلم مع تغير المناخ أو أنها تقوم بتطويرها، وذلك وفقا لمركز المناخ في مدينة جورج تاون بواشنطن العاصمة، الذي يعمل مع هذه الولايات. ومع أنّ أحدا لم يسجل أرقاما دقيقةً، فإن مئات من المجتمعات المحلية والوكالات بدأت تتفاعل مع الظروف المناخية الشديدة المتزايدة. أمّا هؤلاء الذين لم يبدؤوا التفاعل مع تلك الظروف «فما زالوا يقومون بأعمالهم كالمعتاد مع غُمّامات على أعينهم» حسب قول <M. إنجيرت> [مخطط المدينة] الذي ساعد على تطوير خطط مدينة Keene.

أفراد شجعان(*)

وترتبط المشكلة الناجمة عن جهود التأقلم مع المناخ بعدة أفكار مشتركة. وأولى هذه الأفكار هو تركيز الاهتمام فقط على المنازل التي أغرقتها المياه أو الخزانات الخالية من المياه في مجتمع من المجتمعات. وحتى في مدينة دوبوك، بولاية آيوا المحافظة[1]، فإنّ الحجة القائلة إنّ تغير المناخ هو مجرد خدعة، قد تضاءلت طالما أنّ الفيضانات حافظت على حدوثها. ويتساءل العمدة <R. بيول>: «كم هو عدد أحداث الـ 500 سنة التي تحدث كل بضع سنوات قبل أن يدرك المرء أنّ شيئا ما يبدأ بالتغيّر؟»، ويتابع: «سواء أسهم الإنسان في هذه الأحداث أم لم يسهم، فإنّ المناخ يتغير بوتيرة أسرع من أي وقت في التاريخ.»

أمّا الفكرة الثانية فهي أنّ «كل تأقلم مع المناخ هو تأقلم محلي»، كما بيّن <M. سيمپسون> [رئيس الدراسات البيئية في جامعة Antioch]. ويجب أن تكون استجابة منطقة خليج سان فرانسيسكو لارتفاع منسوب مياه البحار التي تهدد المطارات والموانئ البحرية والمجتمعات الساحلية، مختلفة بوضوح عن خطة شيكاغو لبناء أسقف «مزروعة بالنباتات» وزراعة أشجار وإقامة رصيف «بارد» لتخفيض درجات حرارته. وبالتأكيد قد تؤدي الجهود الوطنية والإقليمية دورا مهما. ولكن التأقلم مع المشكلات المحلية يعتمد على «الأفراد الشجعان» الذين يتحملون مسؤولية التحدي، حسب قول <S. موزر>، مستشارة التأقلم مع المناخ وأحد أعضاء الإدارة في جامعة ستانفورد.

إنّ عمل هؤلاء الأفراد مصمّم لهم بسبب ترابط عناصر الأحداث الأخيرة، فالتأقلم مع المناخ صعب بمكان. «فهو، حسب قول السناتور <R. هوگ>، لا يشكل أولوية بالنسبة إلى الناس». وعملية التخطيط نفسها تمثّل تحديا لأنها يجب أن تجمع بين أطراف متعددة. حتى عند توفر إمكانية لاتخاذ خطوات فعالة، فإن الخطط غالبا ما تصادف في كثير من الأحيان عوائق مالية أو سياسية أو تنظيمية. والتأقلم مع المناخ أصعب عندما تكون التهديدات غير مؤكدة. ومع أن تنويع إمدادات المياه في مواجهة حالات جفاف متوقعة – مثل ما تقوم به مصلحة مياه مدينة دنفر بولاية كولورادو – يبدو واضحا؛ إلا أن الأقل وضوحا هو كيفية التأقلم، مثلا،

(*) COURAGEOUS INDIVIDUALS
(1) conservative

مع تلف المحاصيل على نطاق واسع كما في ولايتي تكساس وأوكلاهوما.

إنّ التعقيدات توضح أسباب الاستجابات المتفاوتة. فمن جهة «حققنا تقدما مذهلا في فترة قصيرة نسبيا»، حسب قول <S. آدامز>، المدير التنفيذي للمؤسسة Climate Leadership (قيادة المناخ) في مدينة يوجين بولاية أوريگون. وثمة بعض الأمثلة: تقوم سلطة مياه جنوب ولاية نيڤادا بحفر شبكة أعمق لمآخذ المياه قيمتها 700 مليون دولار – تحت بحيرة ميد Mead بغية استمرار تدفق المياه إلى وادي لاس ڤيگاس عند انخفاض مناسيب مياه البحيرة تحت **المآخذين**[1] الحاليين، الذي من المرجح حدوثه قريبا. أمّا مدينة تورونتو فقد أقامت شبكة جديدة من أحواض مياه الأمطار والمجاري ردا على سلسلة من الفيضانات الشديدة الأخيرة. بينما تقوم ولاية ماريلاند حاليا ببناء سدود أعلى لكسب أراض يمكن أن تقوم بمهمة مصدات ضد ارتفاع مستوى سطح البحر وهبوب العواصف.

أمّا ولاية ڤيرمونت فتعاني أضرارا لم يسبق لها مثيل من «إعصار إيرين» وتخطط لتعيد البناء من جديد بصورة أفضل وأكثر مناعة. لقد «كنا قبل ذلك نغيّر نظمنا وقواعدنا ومعاييرنا لجعل بنيتنا التحتية أكثر استجابة لتغيّر الأحوال الجوية مع تغير المناخ العالمي»، حسب قول <G. كامبولي> [مديرة السياسة البيئية في وكالة النقل بڤيرمونت]، وتتابع: «وهذا بالضبط ما نفعله الآن. ولا يمكننا أن نؤجّل الأمور بالطريقة نفسها إذا ضربت الأعاصير مرة أخرى. وهنا كسبنا الرهان.»

ومن جهة أخرى، فإن هذه التطورات المثيرة لم تفعل شيئا يذكر لما هو مطلوب. فقد أشارت <موزر> إلى أنّ نسبة ضئيلة فقط من المجتمعات المحلية في البلاد تعكف على مواجهة التأقلم مع تغير المناخ. وعند النظر إلى الوضع العام يقول الاقتصادي <R. ريبيتو>[2]: «إنّنا حقا في حالة سيئة». ويضيف: «لقد شاركنا في جزء فقط من التغيير الذي ارتكبناه بالفعل بأنفسنا بسبب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الأخيرة – وما زالت هذه الانبعاثات تزداد. ولا أعتقد أننا قادرون على التأقلم مع تغيّر المناخ.»



الاعتماد على دوبوك: فتحت دوبوك في ولاية آيوا المجرى المدفون بحيث يستوعب المياه أثناء العواصف بدلا من تعرض المدينة لفيضانات.

مزيد من الأمطار، ومزيد من الجفاف[*]

مزيد من العمل يبدو ضروريا لأن العلم يرسم صورة معينة على نحو متزايد لمناخ يجري تغييره من قبل تصرفات البشر. وعلى سبيل المثال، تشير التقديرات المناخية إلى ارتفاع في متوسط درجات الحرارة الليلية، وتبين القياسات حدوث ذلك الارتفاع على نحو واضح في الوقت الحاضر. وقد تكون هذه الظاهرة السبب في حدوث انخفاض في محاصيل نبات الذرة لأن تنفس النباتات (الذي يطلق ثنائي أكسيد الكربون) يزداد خلال الليالي الأكثر دفئا، حارقا من الوقود ما كان من الممكن استخدامه في زيادة وزن بذور هذا النبات.

وتتوقع النماذج أنه مع ارتفاع درجات الحرارة على الكرة الأرضية، ستزداد الحرارة والجفاف في مناطق تقع جنوب غرب الولايات المتحدة والشرق الأوسط، وكذلك ستصبح موجات الحر أكثر شيوعا في مناطق خطوط العرض العليا، في أماكن تمتد ما بين الغرب الأوسط الأعلى الأمريكي upper Midwest إلى روسيا. وهذا ما يحدث فعلا.

وأخيرا، تتوقع النماذج المزيد في عدد الفيضانات مثل تلك التي ضربت ولايتي ڤيرمونت ونيويورك في الصيف الماضي. فارتفاع درجة الحرارة درجة مئوية واحدة يمكن أن يزيد في نسبة رطوبة الغلاف الجوي بمقدار 7 في المئة. وهذا يعني المزيد من الأمطار بنسبة 2 إلى 3 في المئة بوجه عام والمزيد من أحداث هطول الأمطار الشديدة بنسبة 6 إلى 7 في المئة.

ومن دون تخفيض كبير في انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري، «ستصبح هذه الأحداث أكثر شيوعا،» وذلك حسب قول <M. وهنر> [الباحث في مختبر لورانس بيركلي الوطني] ويضيف: «لا أعتقد أنّ أحدا يخالف هذا الرأي.» فالبحث الذي أجراه <P. ستوت> [رئيس قسم رصد المناخ والإسناد في مكتب الأرصاد الجوية بالمملكة المتحدة]، بيّن أنّ احتمالات حدوث موجة حر كالتي ضربت أوروبا في عام 2003 قد ارتفعت أربعة أضعاف مقارنة بما كانت عليه في

(*) MORE RAIN, MORE DROUGHT
(1) intakes
(2) Robert Repetto مؤلف America's Climate Problem مشكلة المناخ في أمريكا.

عصر ما قبل الصناعة.

ومع ذلك، فمن المستحيل القول إنّ أي حدث من الأحداث المناخية الشديدة كان ناجما مباشرة عن تغيُّر المناخ، وهذا «لا يهم، لأن هذا شبيه بتغيّر المناخ، وعلينا أن نهيئ أنفسنا لهذا الحدث»، حسب قول ‹M. بيهار› [مدير برنامج المناخ للجنة مرافق سان فرانسيسكو العامة]. وقد استخدم مشروع لسيمپسون بيانات مقياس مطر ولاية نيو هامبشر ليبين أن 10 من أصل 15 من أشد فياضانات هذه الولاية، قد حدثت في الخمس عشرة السنة الماضية - وبأن الكميات الغزيرة الجارفة من الأمطار التي كانت تحدث عادة في عواصف 200 سنة، تحدث الآن في عواصف 25 سنة. ومع ذلك لا يزال معظم مهندسي مدينة نيوإنگلاند يصممون مجارير ومصارف وجسور استنادا إلى بيانات هطول أمطار العشرينات إلى الخمسينات من القرن الماضي. وحسب قول ‹سيمپسون›: «فإنّ الكثير من الأعمال في البنى التحتية تعمل في الوقت الراهن بصورة أقل مما هو مطلوب.»

الخطوات الأولى(*)

إنّ مصطلح «التغير المناخي» المُسيّس إلى أبعد الحدود، لا يحتاج إلى التنويه لإقناع المجتمعات المحلية بتعديل ممارساتها. فالمدن والبلدات التي شهدت أسوأ الكوارث تميل إلى أن تكون في طليعة التأقلم مع تغيّر المناخ، حيث يمكن للقادة المحليين حشد تأييد المجتمع للتغلب على العوائق. وخير مثال هو مدينة Keene. ففي الشهر 2005/10، وبعد ثلاثة أيام من تقديم ‹سيمپسون› تقريره إلى مجلس المدينة محددا المجارير والطرقات المعرضة إلى عاصفة شديدة، ضربت المنطقة عاصفة أدت إلى هطول 11 بوصة من الأمطار.

وقد دمرت المياه تلك المجارير والطرقات، فضلا عن المنازل والجسور وأغلقت محطة معالجة المياه وسببت العديد من الوفيات. كما دفعت الكارثة المدينة، مع القليل من المساعدات الخارجية، إلى تطوير إحدى خطط التأقلم الأولى في البلاد والأوسع مدى، بقيادة مدير التخطيط ‹R. لامب›، كما دفعتها إلى إيجاد التمويل اللازم لإجراء بعض التحسينات. فقد تمت الاستعاضة عن الأرصفة على طول أحد الطرق الرئيسية في المدينة - شارع واشنطن - بالخرسانة المثقبة، كما تم إكساء الطرق الجانبية بحواف معشبة بدلا من الحواجز الحجرية أو الإسمنتية. وهكذا يمكن في كلتا الحالتين توزيع مياه الأمطار وتسريبها ببطء إلى التربة المجاورة بدلا من تركها تجري على الطرقات مسببة الفيضانات.

أمّا في مدينة تشارلز بولاية آيوا، فقد كان الحدث الحاسم هو فيضان عام 2008 المدمر الذي أدى إلى ارتفاع المياه في نهر سيدار إلى ثلاثة أقدام تقريبا أعلى من معدلات ارتفاعها القياسية السابقة. «وعندما كان الناس يرون بيوتهم مليئة بالمياه، كانوا يفكرون بالتغيّر الذي طرأ على كميات الأمطار الغزيرة التي تهطل» حسب قول مدير المدينة ‹T. براونلو›. ويتابع قائلا: إنّ الأمر عائد إلينا كقيادات لنقول إنّ هذه مشكلة قديمة جدا وعلينا أن نواجهها. والمدينة قد واجهتها، فقد جرى هدم 16 صفا من البيوت والمحال التجارية المتلاصقة في الشوارع وبناء أرصفة نفوذة للمياه فوق طبقة سميكة من الصخور والحصى. وهذا ما يسمح بتسرب المياه إلى باطن الأرض بدلا من جريانها على السطح محدثة الفيضانات. وإضافة إلى ذلك، توجد في المنطقة الواقعة تحت الرصيف **متعضيات (كائنات حية)** microorganisms ميكروية تتغذى بالنفط وغيره من الملوثات قبل أن تغور المياه وتصل في نهاية المطاف إلى النهر. وكذلك جدّدت المدينة منطقة الشاطئ التي تتضمن وسائل عالمية المستوى، من فنادق ومنتجعات ومرافق مثل مسار التجديف. «ويمكن الآن أن تهطل أمطار مئة عام 100-year rain دون أن يبقى أي من المياه الراكدة في الشوارع»، حسب قول ‹براونلو›.

إضافة إلى ذلك، استجاب مزارعو نبات الذرة في ولاية آيوا إلى زيادة هطول الأمطار في الولاية؛ فأنفقوا عشرات الآلاف من الدولارات لتركيب المزيد من أنابيب صرف المياه لحماية الحقول من أن تغرقها مياه الأمطار، التي يمكن أن تؤخر الزراعة وتوقف نمو المحاصيل. وعلى عكس المنتظر فإنهم يزرعون أيضا ما يصل إلى ثلاثة أمثال كميات البذور لكل فدان (آكر)، مع الاستفادة من زيادة رطوبة التربة في الربيع لزراعة المزيد من المحاصيل في الحقول ذاتها. ومع ذلك فإن المزارعين يرفضون إلى حد كبير فكرة أن الجنس البشري هو الذي يغيّر المناخ، «فهم يتأقلمون بالفعل مع هذا التغير ويكسبون المال في ذلك»، حسب قول ‹G. تيكل› [أستاذة الأرصاد الجوية وتغير المناخ العالمي في جامعة ولاية آيوا].

إن الفيضانات هي الخطر المباشر الذي يسببه تغيّر المناخ. ومع ذلك تتأقلم بعض المجتمعات مع عواقب تغير المناخ الطويلة الأجل. فعلى سبيل المثال، تخطط منطقة «سان فرانسيسكو بيْ إريا(1)» لإنفاق مبلغ يتراوح بين 20 و 40 مليون دولار لإعادة تهيئة ستة عشر مصبا من مصبات الصرف الصحي في الخليج لمنع ارتفاع منسوب مياه البحار وأمواج العواصف من دفع المياه عائدة إلى المصبات وإلى محطات

(*) FIRST STEPS
(1) The San Francisco Bay Area

التتمة في الصفحة 55

ما السِّر في أن دماغ أي شخص لا نظير له(*)

كيف يمكن أن تنشأ شخصيتان مختلفتان من توأمين متماثلين؟ «جينات قافزة» تجول في النورونات (العصبونات) وتغيّر طريقة عملها.

<F. H. گيج> - <A. R. موتري>

لعقلك خصوصيته. وكذلك لعقلي.

ذلك لأن بنية العضو الذي نسميه الدماغ البشري معقدة تعقيدا يثير الدهشة، وتختلف هذه البنية من شخص إلى آخر على جميع مستوياتها. فالدماغ يحتوي على نحو 100 بليون من آلاف الأنواع من **النورونات (العصبونات)** neurons التي تترابط معا عبر وصلات يُقدر عددها الإجمالي بأكثر من 100 تريليون وصلة. وهذه التباينات البنيوية بين أدمغتنا هي التي تجعلنا نفكر ونتصرف ونتعلم بطرق مختلفة، كما أنها تؤدي دورا مهما في تحديد درجة استعدادنا للإصابة بمرض من الأمراض النفسية.

ولكن كيف ينشأ هذا التنوع في شبكة أسلاك الدماغ وفي وظائفه؟ من الممكن بالطبع أن يؤدي الاختلاف في الجينات التي نرثها عن أهالينا دورا في ذلك. ولكننا، من جانب آخر، أصبحنا نعرف أنه حتى التوائم المتماثلة التي تترعرع في كنف أسرة واحدة قد تُظهر تباينات جليّة في أداء الوظائف العقلية وفروقا في أنماط السلوك وفي درجة احتمال خطر الإصابة بواحد من **الأمراض النفسية أو العصبية التنكسية** neurodegenerative disease. وبالفعل، فإن فئران التجربة، التي تُستولد متماثلة جينيا وتتلقى المعاملة ذاتها في المختبر، تتباين فيما بينها في القدرة على التعلم وفي أسلوب اجتناب الخوف وطريقة الاستجابة للإجهاد النفسي، وذلك حتى في الحالات التي يبقى فيها العمر والجنس والرعاية ثوابت لا تتغير، الأمر الذي يشير إلى أنه لا بد من حصول شيء آخر.

لا شك في أننا معنيون أيضا بخبراتنا الحياتية، لا سيما وأن بوسعها أن تؤثر، مثلا، في قوة الوصلات بين مجموعات معينة من النورونات. غير أن الباحثين يعثرون يوما بعد يوم على مزيد من المؤشرات المحيّرة التي تدل على أن هنالك عوامل أخرى تؤدي دورا ما، منها - على سبيل المثال - تلك العمليات التي تُحدث طفرات في الجينات، أو تؤثر في سلوكها، سواء أكانت أثناء تطور الجنين أم في وقت لاحق من الحياة. ومن ضمن مثل هذه الظواهر ظاهرة **التضفير البديل** alternative splicing، الذي يقوم فيها جين واحد بتصنيع نوعين مختلفين أو أكثر من البروتينات. وإذا علمنا أن هذه البروتينات هي التي تقوم بإجراء معظم العمليات التي تجري في الخلايا،

(*) WHAT MAKES EACH BRAIN UNIQUE

باختصار

من المعروف أن الجينات التي نرثها وعوامل البيئة التي نعيش فيها هي ما تحدد السلوك البشري بمختلف أنماطه. غير أن بعض العلماء في الآونة الأخيرة اكتشفوا عوامل أخرى مؤثرة تدعى **الجينات القافزة** jumping genes، وهي قطع من **الدنا** DNA قادرة على نسخ ولصق أنفسها في أماكن أخرى من **الجينوم** genome وقادرة أيضا على إحداث تغييرات في نشاط جينات بكاملها. وفي بعض الأحيان، تعمل على تحريض جينات مجاورة في هذه الأماكن.

يُشكل الدماغُ الميدانَ الرئيسي لفعاليات هذه الجينات مقارنة بالمناطق الأخرى، الأمر الذي يفسر ما نعرفه من تباين في سمات الأشخاص واختلاف في أنماط سلوكهم، حتى ولو كانت تربطهم ببعض صلة قرابة أوثق.

إضافة إلى ذلك، فإن هذه العناصر الجينية المتجولة قد تؤدي أيضا دورا في تحديد درجة الاستعداد الشخصي للإصابة بأحد الأمراض النفسية.

وفي الآونة الأخيرة، شرع بعض الباحثين في إجراء دراسات هدفها معرفة ما إذا كانت الجينات القافزة تساعدنا على التكيف مع الظروف البيئية التي تتغير بصورة متسارعة.



فهــذا يعني أن ما تُصنّعه الخلايا مــن بروتينات يؤثر في العمل الوظيفي للأنســجة التي تتكون مــن هذه الخلايا. يقوم العديد من الباحثين اليوم أيضا باستقصاء ما يُدعى **التبـدلات بالتخلق المتوالــي** epigenetic changes – وهي تعديــلات في الدنا تُحدث تغييرا في نشــاط الجين (وذلك برفع أو خفض إنتاج بروتينــات محددة) من دون إحداث تغيير في المعلومات المحفوظة في الجينات.

وفي السنوات القليلة الماضية، توصل كلانا مع زملائنا إلى معرفة ما كنا نشــتبه به، وهــو يعمل خصوصا خلف الكواليس وينشــط في الدماغ أكثر من غيره من الأنســجة الأخرى: إنها **الجينات القافزة** jumping genes، وهي جينات تم العثور عليها عمليا في جميع أنواع الكائنات الحية، بما فيها الإنسان. وتتميز هذه الجينات بأنها قادرة على لصق نُســخٍ منها في أجزاء أخرى من الجينــوم (وهو المجموعة

المؤلف



Fred H. Gage

<گيج> أستاذ متخصص في آليات تشكّل النورونات (العصبونات) في الدماغ، ويعمل في مختبر علم الوراثة بمعهد سالك للدراسات البيولوجية في لاجولا بكاليفورنيا.



Alysson R. Muotri

<موتري> أستاذ مساعد في قسم طب الأطفال والطب الخلوي والجزيئي في جامعة كاليفورنيا بسان دييگو. عمل بعد حصوله على الدكتوراه زميلا باحثا في مختبر گيج بين عامي 2002 و 2008.

الكاملة للدنا في النواة)، وأنها قادرة على تغيير سير عمل الخلية التي تعيش في كنفها، ودَفْعِها إلى ممارسة نمط مختلف من السلوك، مقارنة بخلية مماثلة ملاصقة لها. ويُعتقد أن غرز عدد كبير من هذه الجينات في العديد من أنواع الخلايا يمكن أن يُضفي إلى القدرات الاستعرافية والسمات الشخصية وقابلية الإصابة باضطرابات عصبية مزايا حسنة أو سيئة.

لقد قادتنا أولى النتائج التي توصلنا إليها في أبحاثنا عن الجين القافز في الدماغ إلى طرح سؤال آخر هو: بما أن سلامة الوظيفة الدماغية هي شرط أساسي من شروط الحفاظ على البقاء، فلماذا سمحت عملية **التطور (النشوء والارتقاء)** evolution إذن باستمرار ما يعبث ببرنامجها الجيني؟ ومع أننا لانمتلك بعد إجابة قطعية عن هذا السؤال، فإن هناك بينات متزايدة تدل على أن حثّ خلايا الدماغ على التنوع والتبدل من قبل الجينات القافزة من شأنه أن يُضفي إلى الكائنات الحية صبغة المرونة اللازمة للتكيف السريع مع متغيرات المحيط الخارجي. ومن هنا يتبين لنا أن عملية النشوء والارتقاء ربما استبقت هذه الجينات القافزة - أو **العناصر الجوالة** mobile elements كما تُسمى أيضا - لأن فوائدها التكيفية من منظور تحسين شروط بقاء الأنواع، تفوق المخاطر التي تنطوي عليها.

قدماء الغزاة(*)

إن الفكرة القائلة بوجود عناصر جوالة تتحرك في الجينوم هنا وهناك ليست بالفكرة الجديدة. بيد أن الجديد في الأمر، وما فاجأ الجميع، هو أنها تنشط في الدماغ إلى هذا الحد. لقد تم اكتشاف جينات قافزة في النباتات، حتى قبل أن يتوصل <J. وطسون> و<F. كريك> إلى فك كود البنية الحلزونية المزدوجة للدنا في عام 1953. ففي أربعينات القرن العشرين لاحظت <B. مَك كلينتوك> [من المختبر كولد سپرنگ هاربر] أن العناصر التي كانت تراقبها تنتقل من مكان إلى آخر في المادة الجينية للحبوب النباتية، ثم اكتشفت أن بعض أجزاء الجينوم، عندما تتعرض للإجهاد، تهاجر إلى أماكن أخرى حيث تقوم بتشغيل جينات معينة أو إيقافها عن العمل. وفي أيامنا هذه تُعد **آذان الحبوب**(1) النباتية الشهيرة ببذورها المتعددة الألوان من أشهر نتائج تجارب <مَك كلينتوك>، إذ إنها تقدم لنا عرضا **لموزاييك جيني**(2) من الممكن أن يسهم في تشغيل جينات وإيقافها عن العمل داخل خلايا محددة، وذلك وفق طراز يختلف عن الطراز المُتبع في خلايا مجاورة متماثلة معها عادة.

وبفضل أبحاث <مَك كلينتوك>، التي قوبلت في البداية برفض وارتياب من قبل الأوساط الأكاديمية، حصلت في آخر الأمر على جائزة نوبل عام 1983. وقد تبين في السنوات اللاحقة أن ظاهرة الموزاييك الجيني لا تقتصر على النباتات، وإنما تشمل أيضا عددا كبيرا من الكائنات الحية بما فيها البشر.

لقد ركزت <مَك كلينتوك> في أبحاثها على **الترانسبوزونات (النيقُولات)** transposons، وهي عناصر جوالة تستخدم آلية **القطع واللصق**(3) لتحريك جزء من **الدنا** DNA حول جينوم الخلية. إضافة إلى ذلك فإن ثمة دراسات أحدث عن العناصر الجوالة جرى التركيز فيها على **الترانسبوزونات الرجوعية** retrotransposons التي تستخدم طريقة **النسخ واللصق**(4) لتمكين نفسها من الاندساس في مناطق جديدة من الجينوم. غير أن هذه الترانسبوزونات الرجوعية لا تغادر الدنا بأنفسها لتعود إليه ثانية، بل تقوم أساسا بنسخ أنفسها ودفع هذه النسخ إلى الهجرة والاستقرار في مكان ما خارج محيط هذا الدنا.

تشكل الترانسبوزونات الرجوعية في الجينوم البشري ما يعادل نصف النيكليوتيدات، أو كتلة الدنا البنائية. وفي المقابل، فإن **جيناتنا المكودة بروتينيا**(5)، والتي يُقدر عددها بنحو 000 25، لا تشكل سوى أقل من 2% من دنا الثدييات. أما الجينات القافزة فهي **سليلات** descendants لأول نظم النسخ الجزيئي البدائية التي غزت جينومات كائنات من **الأويكيرَيتوس** eukaryotes (كائنات حقيقية النواة، وهي متعضيات تحتوي خلاياها على نواة). وفي

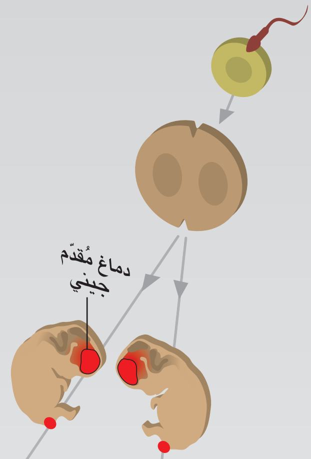
(*) ANCIENT INVADERS
(1) ears of corn
(2) genetic mosaicism: حالة جينية تحدث في عضو واحد لنسيج من أنماط جينية مختلفة.
(3) cut-and-paste
(4) copy-and-paste
(5) our protein-coding genes

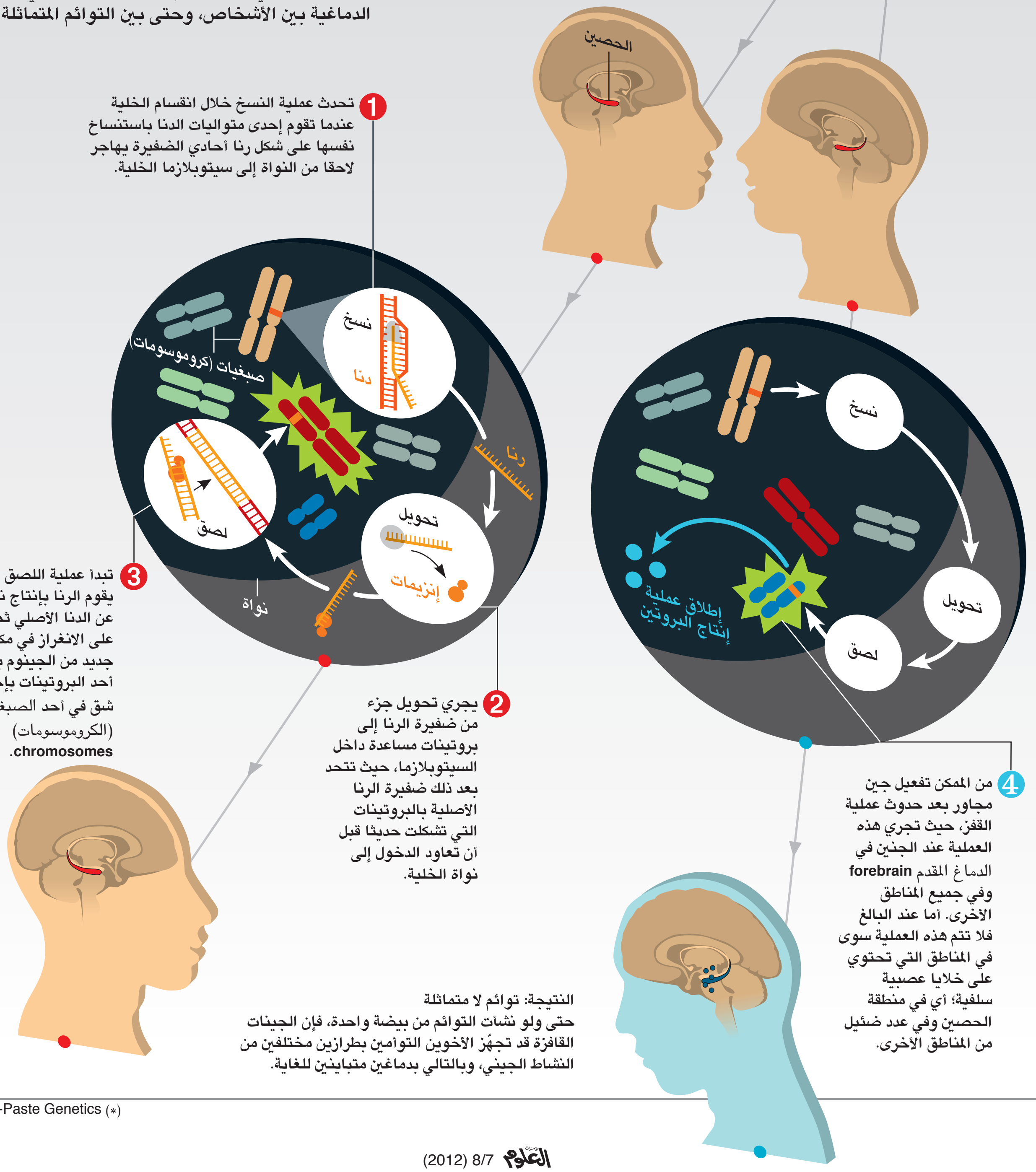
جينية (وراثيات) النسخ واللصق(*)

متواليات من الدنا تُعرف باسم الجينات القافزة jumping genes تنشط في الدماغ في مرحلة التطور على وجه الخصوص. وهي جينات قادرة على نسخ أنفسها ثم غرز المتواليات ذاتها في أماكن أخرى من جينوم genome إحدى الخلايا. تُسمى الجينات القافزة أيضا بالترانسبوزونات الرجوعية retrotransposons، وهي لا تؤثر بتاتا في مواقعها الجديدة في بعض الأحيان على الجينات المجاورة التي يقع على عاتقها وضع برامج عمل للبروتينات. ولكنها يمكن أن تفعلها في بعض حالات وتؤثر من خلال ذلك في سير عمل بعض الخلايا بمفردها. وقد تفضي التغيرات الطارئة على هذه الخلايا في آخر الأمر إلى ظهور تباينات في الوظائف الدماغية بين الأشخاص، وحتى بين التوائم المتماثلة.

كيف تقفز الجينات

تحدث تغيرات لا جينية (لاوراثية) في الكود الجيني عندما يقوم أحد الترانسبوزونات الرجوعية؛ وهو قطعة من نفايات الجينوم، باستنساخ نفسه على شكل رنا ثم العودة إلى الدنا لينغرز فيه مجددا في موضع آخر. وهذه العناصر الجوالة تتحرك هنا وهناك في دماغ الجنين ودماغ البالغ على حد سواء. وتقدم الرسومات والشروحات التالية عرضا لهذه العمليات في مجموعة من التوائم المتماثلة.





1 تحدث عملية النسخ خلال انقسام الخلية عندما تقوم إحدى متواليات الدنا باستنساخ نفسها على شكل رنا أحادي الضفيرة يهاجر لاحقا من النواة إلى سيتوبلازما الخلية.

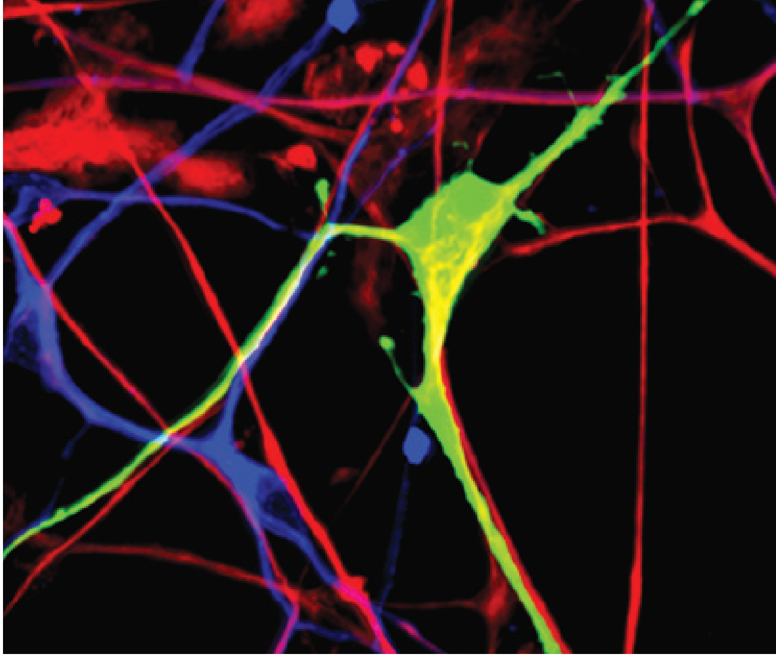
2 يجري تحويل جزء من ضفيرة الرنا إلى بروتينات مساعدة داخل السيتوبلازما، حيث تتحد بعد ذلك ضفيرة الرنا الأصلية بالبروتينات التي تشكلت حديثا قبل أن تعاود الدخول إلى نواة الخلية.

3 تبدأ عملية اللصق عندما يقوم الرنا بإنتاج نسخة عن الدنا الأصلي ثم حثّها على الانغراز في مكان جديد من الجينوم بعد قيام أحد البروتينات بإحداث شق في أحد الصبغيات (الكروموسومات) chromosomes.

4 من الممكن تفعيل جين مجاور بعد حدوث عملية القفز، حيث تجري هذه العملية عند الجنين في الدماغ المقدم forebrain وفي جميع المناطق الأخرى. أما عند البالغ فلا تتم هذه العملية سوى في المناطق التي تحتوي على خلايا عصبية سلفية؛ أي في منطقة الحصين وفي عدد ضئيل من المناطق الأخرى.

النتيجة: توائم لا متماثلة
حتى ولو نشأت التوائم من بيضة واحدة، فإن الجينات القافزة قد تجهّز الأخوين التوأمين بطرازين مختلفين من النشاط الجيني، وبالتالي بدماغين متباينين للغاية.

(*) Copy-and-Paste Genetics



جين قافز: دنا هائم في أحد النورونات يقوم بتركيب بروتين قادر على التوهج باللون الأخضر بعد انتقاله إلى مكان جديد في نواة الخلية.

عام 1988 أثبت فريق بحثي برئاسة <H. H. كازازيان جونير> بجامعة بنسيلڤانيا، أن مجموعة محددة من الترانسبوزونات الرجوعية، التي كان يُعتقد من قبل أنها مجرد نفاية لا وظيفة لها من نفايات الدنا، تتمتع بالفعل بنشاط وظيفي في النسج البشرية.

هناك نموذج من نماذج الترانسبوزونات الرجوعية يُعرف باسم **العنصر المُرصَّع الطويل 1** (L1)[١]، وله أهمية خاصة تنبع من كونه، فيما يبدو، واحدا من اللاعبين الرئيسيين في الجينوم البشري. يتميز هذا الترانسبوزون أن بوسعه القفز هنا وهناك في كثير من الأحيان، ربما لأنه – خلافا لعناصر جوالة أخرى لدى البشر – قادر على **تكويد** encodes آلته الخاصة لنشر نسخ منه في سائر أرجاء **الجينوم الخلوي**[٢]. وقد أظهر تحليل لسلوك العنصر L1 في الخلايا أن تحريضه على البدء بعملية القفز، من أي جهة كانت في **الجينوم النووي**[٣]، يدفعه إلى القيام باستنساخ نفسه أولا على شكل **رنا أحادي الضفيرة** single-stranded RNA يهاجر بدوره لاحقا من النواة إلى **السيتوبلازما**[٤] ليخدم هناك كقالب في عملية بناء البروتينات التي جرى تحديد نوعها مسبقا من قبل بعض أجزاء **الدنا L1**[٥]. وتقوم البروتينات بعد ذلك بتشكيل مركب جزيئي من **الرنا** RNA الذي مازال سليما حتى تلك اللحظة، ثم يرحل المركب بكامله عائدا إلى النواة ليقوم هناك واحد من البروتينات؛ وهو إنزيم يدعى **إندونوكلياز** endonuclease، بإحداث أثلام في مواقع محددة من الدنا. كما يقوم هذا الإنزيم باستخدام الرنا قالبا لتصنيع نسخة **دنا ثنائي الضفيرة** a double-stranded DNA من الترانسبوزون الأصلي L1 ثم غرزها في الجينوم وفي الموقع ذاته الذي تمت فيه من قبل عملية القطع. وتجدر الملاحظة هنا إلى أن عملية **النسخ العكوسة** reverse transcription هذه، من الرنا إلى الدنا، قد أضحت مألوفة لكثير من الناس، وذلك من خلال ما يعرفونه عن الڤيروس HIV، وعن أن هذا الڤيروس يستخدم الآلية ذاتها إلى جانب آليات أخرى للحصول على نسخة دنا من جينوم الرنا الخاص به، الأمر الذي يُمكّنه في آخر الأمر من الاستيطان الدائم في جينوم الخلايا المصابة به.

بيد أن **المناقلة الرجوعية** retrotransposition لا تنجح دائما في الحفاظ على مسارها الصحيح، مما يفضي إلى إنتاج نسخ مبتورة لا وظيفة لها من الدنا L1 الأصلية. ففي بعض الأحيان لا يكون لهذه النسخ، سواء أكانت ناقصة أم كاملة، أي تأثير في **جين مُكوِّد للبروتين**[٦]، ومع ذلك فقد يكون لذلك نتائج متعددة، حسنة وسيئة، على مصير الخلية. فعندما تهوي إلى الداخل، على سبيل المثال، تُحدث تغيرا في **إحدى مناطق الجين المكودة للبروتين**[٧]، حيث يمكن أن تؤدي هذه المناورة إلى إنتاج نوع جديد مختلف من البروتينات قد يفيد أو يضر **متعضيا (كائنا حيا)** organism من المتعضيات. ومن جانب آخر، فإن هذا التموضع قد يوقف إنتاج بروتين بعينه. وفي حالات أخرى، يمكن للدنا الذي تم إلصاقه حديثا أن يسقط خارج إحدى المناطق المكوِّدة، ليعمل بعد سقوطه **كمعزز** promoter (مفتاح يمكنه تشغيل جينات مجاورة) يغير درجة التعبير الجيني (أي مقدار البروتين الذي يقوم الجين بإنتاجه)، بما يعنيه ذلك – كما ذكرنا – من نتائج قد تعود بالنفع أو الضرر على الخلية والكائن الحي. وعندما تُنهي الترانسبوزونات الرجوعية L1 عملها في أماكن متعددة من النورون (العصبون) أو في عدد كبير من الخلايا الدماغية أو في كليهما معا، عندئذٍ سنكون حيال دماغ مختلف كليا عما سيكون عليه لو تابع تطوره من دون تأثير هذه التراتسبوزونات. وغني عن البيان أن مثل هذه الفسيفسائية الجينية من شأنها أن تؤثر في السلوك والوظيفة الاستعرافية واحتمال خطر الإصابة بالأمراض، كما من شأنها أيضا أن تساعدنا

(١) a long interspersed element 1
(٢) cellular genome
(٣) nuclear genome
(٤) the cytoplasm
(٥) L1 DNA
(٦) a protein-coding gene
(٧) the protein-coding region of a gene

على تفسير لماذا يُصاب أحد التوأمين المتماثلين بمرض الشيزوفرينيا - على سبيل المثال - في حين أن أخاه التوأم لا يصاب به.

أين يحدث القفز؟(*)

حتى وقت قريب كان معظم الباحثين الضالعين بظاهرة المناقلة الرجوعية L1 يعتقدون أن هذه الظاهرة تقتصر في معظم الحالات على **الخلايا الجنسية** germ cells، كالمبيضين والخصيتين. فالدلائل على وجود جينات فعّالة من النوع L1 في **الأنسجة الجسدية**[1] (أي الخلايا اللاجنسية) أثناء التطور الباكر أو اللاحق كانت قليلة العدد ووجِهَت بالرفض عموما. وإذا كانت الجينات لا همَّ لها في الوجود سوى أن تتناسل، كما ترى إحدى نظريات النشوء والارتقاء، فسوف لن يكون هناك عندئذٍ أي سبب يبرر استمرار نشاط الجينات القافزة في الخلايا الجسدية، ذلك لأن مثل هذه الخلايا سوف لن تتمكن من نقل الدنا إلى ذرية المتعضي، فهي في المحصلة تموت بموت صاحبها.

وبفضل استخدام أدوات استقصاء أكثر تطورا تم الكشف مؤخرا عن ترانسبوزونات رجوعية قادرة على التنقل في جميع أرجاء الأنسجة الجسدية أثناء المراحل المبكرة من تطور الحياة، وحتى في المراحل اللاحقة منه. وقد تبين أن مثل هذه الوقائع تحدث في الدماغ أكثر بكثير من غيره من النسج، الأمر الذي يشكل تحديا مباشرا للفكرة القديمة السائدة، والقائلة إن الكودات الجينية لخلايا الدماغ عند البالغين هي كودات متماثلة وتبقى مستقرة لا يعتريها التغيير طالما بقيت هذه الخلايا على قيد الحياة.

وفي مختبرنا بالمعهد Salk للدراسات البيولوجية في لاجولا بكاليفورنيا، على سبيل المثال، رصدنا جينات قافزة لدى أحد الفئران الذي سبق وقمنا بتعديل خلاياه وراثيا بطريقة تسمح بنشوء المناقلة الرجوعية في هذه الخلايا، وتجعلها تصدر وميضا أخضر اللون كلما قام أحد العناصر L1 بغرز نفسه في جينومات إحداها في أي مكان من جسد هذا الفأر. وقد لاحظنا وهجا أخضر اللون ينطلق فقط من الخلايا الجنسية ومن مناطق معينة في الدماغ، بما فيها **الحصين (أو الهيپوكامپوس)** hippocampus (الذي تأتي أهميته من علاقته بوظيفتي الذاكرة والانتباه)، الأمر الذي يدل على أن العناصر L1 ربما تتجول في الدماغ أكثر من غيره من أنسجة الجسم. ومن المثير للاهتمام أيضا هو أننا رصدنا ظاهرة القفز في **الخلايا السلفية**[2] التي تنشأ عنها **النورونات الحصينية**[3].

وفي مختلف أعضاء متعضيات مكتملة التشكل تظهر مجموعة صغيرة من الخلايا السلفية معلنة تأهبها للانقسام وتوليد نماذج متخصصة من الخلايا اللازمة لسد الفراغ الذي تتركه وراءها الخلايا التي تموت. ويشكل الحصين واحدة من منطقتين في الدماغ تتكوّن فيهما نورونات جديدة، الأمر الذي يشير إلى أن الترانسبوزونات L1 قد تكون فعّالة في الفترة المبكرة للتطور التي تنشأ خلالها النورونات؛ كما يشير أيضا إلى أن هذه الترانسبوزونات قد تكون قادرة على التجول في دماغ البالغ، وخصوصا في المناطق التي لا تتوقف فيها عملية تكوين نورونات جديدة لدى البالغ.

بيد أن الدلائل المشيرة إلى ظهور حقيقي للمناقلة الرجوعية في الدماغ لم تكن كافية حتى في التجارب على الفئران. وقد دفعنا هذا إلى إجراء تحليل للمادة البشرية عن طريق فتح الجثة، حيث قمنا بتحديد أعداد العناصر L1 في أنسجة الدماغ والقلب والكبد، وقارنا هذه الأعداد بعضها ببعض، فوجدنا بصورة لا تقبل الشك في أن الدماغ يضم في أية واحدة من نوى خلاياه أكبر عدد من هذه العناصر.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن عمليات القفز الجيني ينبغي أن تتم في معظمها أثناء مراحل تطور الدماغ، ذلك لأن المناقلة الرجوعية تتطلب انقساما خلويا، علما بأن الانقسام الخلوي بعد انتهاء مرحلة الطفولة المبكرة لا يحدث سوى في منطقتين محددتين في الدماغ. وقد أشارت إحدى الدراسات التحليلية إلى أن أية خلية عصبية بشرية تشهد وسطيا، نحو 80 حدثَ اندماجٍ للعناصر L1، وهو معدل يمكن أن يؤدي إلى نشوء قدر كَبير من الاختلاف فيما بين الخلايا، وظهور تباين كبير في مجمل نشاط الدماغ بين شخص وآخر.

وما يدعم حقيقة وجود عناصر L1 نشطة في الدماغ البشري أيضا، هي النتائج التي نشرها فريق بحثي من معهد روزلين[4] القريب من أدنبره في مجلة Nature[5] عام 2011. فقد أعلن هؤلاء الباحثون أن الـ 7743 غرزة التي أثبتوا وجودها في ثلاث جثث بمنطقتي الحصين والنواة المذنبة (وهي منطقة تُشارك أيضا في نشاط الذاكرة)

(*) WHERE DOES JUMPING OCCUR?
(1) somatic tissues
(2) progenitor cells
(3) hippocampal neurons
(4) Roslin
(5) تجدر الإشارة هنا إلى أن مجلة «ساينتفيك أمريكان» هي جزء من «مجموعة نيتشر للنشر». (التحرير)

كانت تحتوي على عناصر L1 مندمجة. وقد ألمحت هذه الدراسة إلى أن الصورة المتشكلة عن التنوع الجيني في الدماغ سوف تتعقد أكثر فأكثر كلما خطت هذه الأبحاث خطوة إلى الأمام. وما أدهش فريق روزلين في المقام الأول هو أن عدد أعضاء فئة الترانسبوزونات الرجوعية المعروفة باسم **العناصر المُرصّعة القصيرة** (SINEs)(1) التي توصلوا إلى اكتشافها بلغ مايقارب 15 000 عضو، علما بأن النوع الغالب منها، والذي هو جزء من مجموعة تُسمى عناصر إيليو Alu، لم يسبق أن تم رصده في الدماغ بتاتا.

أما النتائج التي توصلنا إليها في أبحاثنا فقد جعلتنا نتساءل ما الذي يمكن أن يُحرّض العنصر L1 على العمل. وانطلاقا مما نعرفه عن أن الحصين يشكل إحدى المناطق التي تجري فيها عملية تكوّن نورونات جديدة وأن هذه العملية تتحرض بفعل تعرضها لظروف جديدة وبفعل التدريب، فقد قررنا استقصاء ما إذا كان التدريب يشكل أحد محرضات القفز الجيني. وما وجدناه هو أن فأرنا المعدل وراثيا، بعد تدريبه على الدوران بالدولاب، قد أظهر زيادة في عدد خلاياه المُطلقة للوميض الأخضر وصلت في منطقة الحصين إلى ضعف هذا العدد تقريبا. ونظرا لأن التجديد والتحدي هما عاملان محرضان ليكونا نورونات جديدة، فما زالت تراودنا حتى الآن فكرة احتمال أن يكون الانتقال إلى بيئة جديدة أو غير مألوفة بمثابة مُحرض آخر للمناقلة الرجوعية.

فإذا كنا على صواب، أي إذا كان نشاط العنصر L1 القافز يزداد بازدياد تعلم الجهاز العصبي وبتحسن تكيفه مع محيطه الخارجي، فسوف تدل نتائج أبحاثنا عندئذٍ على أن أدمغة الأفراد، والشبكات العصبية التي تتكون منها هذه الأدمغة، تتغير وتتبدل عقب أي تجربة حياتية جديدة، حتى لدى توأمين متماثلين جينيا.

أصول المرض(*)

لا زلنا نواصل مساعينا لتجميع أكبر عدد ممكن من البيّنات الداعمة للفرضية التي تقول إن الجينات القافزة لها دور تؤديه في اختلاف المعالجة الدماغية الموجودة بين البشر، وذلك بمعزل عن تعداد العناصر L1 في الدنا. وفي سياق عملنا الهادف إلى ربط ما لدينا من معلومات بوقائع الحياة المؤثرة في الأحياء من الناس بصورة نافعة أو ضارة، تبين لنا أن التحديد الدقيق للنتائج السيئة الناجمة عن قفز أحد الجينات هو أمر في غاية السهولة أحيانا، حتى ولو كان السبب في ذلك لا يتعدى كون هذه النتائج بحد ذاتها هي نتائج واضحة للعيان.

وفي الشهر 2010/11 كتب فريقنا في مقالة نشرها في مجلة نيتشر بأن هناك جينا اسمه MeCP2 يؤثر، إذا ما تعرض لطفرة معينة، في المناقلة الرجوعية L1 بالدماغ. ومن الجدير بالذكر أن بعض الطفرات في الجين MeCP2 قد تسبب **متلازمة ريتّ** Rett syndrome، وهو اضطراب مضن من اضطرابات الدماغ التطورية يصيب الفتيات بصورةٍ حصرية تقريبا. وقد أثار اكتشاف طفرة هذا الجين لدى مرضى مصابين بمتلازمة ريتّ أو غيرها من الاضطرابات العقلية أسئلة كثيرة حول الآليات الخلوية – الجزيئية لهذا المرض. وقد أثبتنا في أبحاثنا أن الطفرة في أدمغة المصابين بمتلازمة ريت، من فئران وبشر، تترافق بزيادة كبيرة في عدد غرزات العنصر L1 في نورونات المصابين، الأمر الذي يشير إلى أن الجينات القافزة قد تتحمل مسؤولية بعض الآثار الناجمة عن طفرة الجين MeCP2.

وثمة اضطرابات مرضية أخرى تترافق بازدياد في نشاط العنصر L1، فدراسة تحليلية لمناطق في **القشرة الجبهية**(2) عند أشخاص مصابين بالشيزوفرينيا، كشفت زيادة في إنتاج متواليات أحد العناصر الجوالة مقارنة بأشخاص أصحاء. كما أن هناك بينات غير مباشرة تشير إلى أن العناصر L1 تشكل أحد المكونات المهمة لعدد من الاضطرابات المرضية الدماغية، بما فيها «التوحد»، الأمر الذي يعني أن فهم طبيعة الدور الذي تقوم به العناصر الجوالة في نشوء الأمراض النفسية قد يقودنا إلى إيجاد طرائق وأساليب جديدة في تشخيص وعلاج هذه الاضطرابات والوقاية منها.

غير أن مواصلة البحث في الجينات القافزة بالدماغ ربما تتطلب مشاركة منظومة أكاديمية بكاملها، **كعلماء الجينية السلوكية**(3)، مثلا، الذين غالبا ما يتابعون أبحاثهم على مجموعات من التوائم المتماثلة لفترات زمنية طويلة من أجل رصد التأثيرات الجينية وتحديد دور العوامل البيئية في نشوء مثل تلك الأمراض بما فيها الشيزوفرينيا مثلا. إن نتائج الأبحاث الأخيرة تشير إلى أن الجينات القافزة تقوم بإجراء عملية تنقيح صارمة للجينومات بعد اكتمال تشكل الجنين، مما يطرح تساؤلات جادة عن احتمال أن يكون التوأمان المتماثلان متباينين جينيا. وبالفعل، فإن

(*) ORIGINS OF DISEASE
(1) short interspersed elements
(2) cortex regions
(3) behavioral geneticists أو: علماء الوراثيات السلوكية.

الاكتشــافات الجديدة تضعنا أمــام صعوبات بالغة إذا ما أردنا الفصــل بين تأثيرات الطبيعــة والتربية المتداخلة في **نفوسنا وعقولنا**[١].

ويبقى السؤال: لماذا لم يعمل التطور (النشوء والارتقاء) على إزالة مخلفات الڤيروسات العتيقة من داخل خلايانا، لا ســيما وأن الجينات القافزة لديهــا فرص كبيرة للقيام بإصلاحات عميقة لهذه العيوب الجينية الكارثية؟ للإجابة عن هذا الســؤال، لابد لنا أولا من الاعتراف بأن الجنس البشري كان يتعرض دائما لهجمات الطفيليات الڤيروسية وغيرهــا من الغزاة، مما أدى إلى ازدياد حجم جينوماتنا مع نشــوء الدنا القافز. غير أن أجســام البشر، وأجسام **أسـلافنا التطوريين**[٢]، لم تكن لديها القدرة الكافية فيما يبدو، علــى القضاء على الكائنات المتطفلة، ولكنها تمكنت علــى الأقل من التكيــف والتعايش مع هــؤلاء الغزاة من خلال وضع حد لنشــاطهم بفضل مجموعــة من الآليات الذكية القادرة على إحداث طفرات لديهم وشــل قدراتهم على العمل. كما يبدو أيضا أن جينوماتنا كانت وما زالت تقوم في بعــض الحالات بتجنيد الآلــة الجينية للعناصر الرجوعية L1 لتعزيز الحفاظ على بقائنا، الذي يشكل أحد الأســباب الكامنة وراء سلوك الخلايا حيال العناصر L1، حيث تمكنها أحيانا تحت شروط مُضَبَّطة بعناية فائقة، من القفــز والتجول في الجينــوم، أو حتى حث تلك العناصر على ذلك.

وبخصوص الأســباب الكامنة وراء عدم زوال النفايات الجينية الســالفة الذكر، هناك دليل آخر يمكن استخلاصه مــن التحليل الدقيق لما توصل إليــه البحث العلمي من أن الفئران المســتولدة من ســلالة وراثية واحــدة تُبدي تحت شروط مُضَبَّطة بدرجة عالية اختلافا كبيرا في استجاباتها **للإجهـاد النفسـي** stress، حيــث تتــوزع هــذه التباينات الســلوكية توزعا نموذجيا في مجموعــة الفئران (أي إنها ترتسم على شكل **منحنى الجرس** bell curve)، وهو طراز يوحي أن الآليات المســؤولة عن ظهــور ذلك الاختلاف هي آليات عشــوائية، مثلهــا مثل ما تبدو عليــه مواقع انغراز الترانسبوزون L1.

إن الطبيعة العشــوائية المُفترضة للطريقــة التي تنتقل بها العناصــر L1 من مكان إلى آخر فــي الجينوم توحي أن **الانتقـاء الطبيعـي**[٣] في الحقيقة يُلقي بالنرد أملا بأن تعود الغرزات المساعدة بفوائد أعظم من الأضرار الناجمة عن أي غرزات أخرى. ولربمــا تتكرر مراهنة الطبيعة على الخلايا العصبية الســلفية للحصين كي تُضاعف إلى أكبر حد ممكن من إمكانية أن بعض المواقع الجديدة على الأقل ســوف تنشــئ مجموعة من النورونات البالغــة والقادرة بشــكل خاص على أداء مهام لا بــد للدماغ من مواجهتها في المستقبل. وتذكرنا هذه العملية بعملية مشابهة إلى حد ما، تحدث عندمــا يقوم الدنا في الخلايــا المناعية بإعادة ترتيب نفســه لينتج منظومة من **الأجسام المضادة**[٤]، حيث يجــري بعد انتهاء عمليــة التحول هذه اختيــار فقط أكثر الأجسام المضادة قدرة على مقاومة **المُمْرِضات (الكائنات الممرضــة)** pathogens، ثم العمل على إعادة إنتاجها بأكبر كمية ممكنة.

رُبّما لا يبدو هذا السيناريو عبثيا، ولكي تتمكن العناصر L1 من إحداث تغيير في الســلوك، ليس من الضروري أن يكون التأثير الذي تمارســه تأثيرا كبيرا، ولا أن تظهر في العديــد من الخلايا. وخيــر دليل على ذلك هــو ما أكدته تجاربنا علــى القوارض مــن أن تغيرا في طــراز إطلاق الدفقات الكهربائية لأحد النورونات قد يكون كافيا لإحداث تباين في سلوك هذه الحيوانات.

ومــا يمكــن أن يدعم هــذه الفكرة أكثر مــن غيره هو اكتشــاف أن الســلالة الوحيــدة للعناصــر القافــزة L1 العاملة حاليا في الجينوم البشــري كانت قد نشــأت قبل نحو 2.7 مليون ســنة، أي بعد الانفصال عن الشــمبانزي، ومع ظهور الإنســان المنتصب بالمعنى النشوئي الارتقائي، وهــو الوقت الذي بدأ فيه أســلاف البشــر بالاعتماد على الأدوات الحجرية لأول مرة. ومن شــأن ذلك الاكتشاف أن يضفــي مصداقية إلى الرأي القائل إن العناصر L1 يمكن أن تكون قد ســاعدت على بناء أدمغة قادرة بســرعة على معالجــة المعلومات المتعلقة بالبيئة، ومن ثمّ قادرة بســهولة على مواجهة التحديات الناجمــة عن تغير الظروف البيئية والمناخية المتواصــل. وهكذا فإن الجينات القافزة L1 تبدو بمثابة شريك تعاوني يسهم في تقدم التطور (عملية النشوء والارتقاء) عند الإنسان العاقل. ■

(١) our psyches
(٢) our evolutionary forebears
(٣) natural selection أو الانتخاب الطبيعي.
(٤) antibodies

مراجع للاستزادة

L1 Retrotransposition in Human Neural Progenitor Cells. Nicole G. Coufal et al. in *Nature*, Vol. 460, pages 1127–1131; August 27, 2009.

LINE-1 Retrotransposons: Mediators of Somatic Variation in Neuronal Genomes? Tatjana Singer et al. in *Trends in Neurosciences*, Vol. 33, No. 8; August 2010. www.ncbi.nlm.

Scientific American, March 2012

كثير من الغذاء، قليل من الطاقة(*)

إن تغييرات في الزراعة وفي السياسات والسلوكيات الفردية بإمكانها تخفيض الطاقة التي تستخدمها الأمة لإطعام نفسها وكذلك تخفيض غازات الاحتباس الحراري التي تُطلقها.

<M. E. ويبر>

لأكثر من خمسين عاما كان الوقود الأحفوري والأسمدة المكونين الرئيسيين في كل من الإنتاج والتوزيع العالميين والمتعاظمين للغذاء. وقد كانت العلاقة ما بين الطعام والطاقة علاقة جيدة لكنها الآن قد دخلت عهدا جديدا. إذ يتصاعد إنتاج الطعام بشكل حاد متطلبا بذلك الكثير من الوقود القائم على الكربون والأسمدة القائمة على النتروجين، وكلاهما يفاقمان **الاحترار العالمي** global warming، وتلوث الأنهار والمحيطات، ومجموعة أخرى من الشرور. وفي الوقت نفسه، تسعى كثير من الأمم جاهدة إلى تخفيض الطلب على الطاقة، خاصة الطلب على الوقود الأحفوري.

ومع أن وسائل النقل ومحطات توليد الطاقة والإعمار تتلقى الكثير من الاهتمام السياسي كونها أهدافا لتخفيض استهلاك الطاقة، إلا أنه غالبا ما يُهمل مصدر طعامنا. ففي الولايات المتحدة الأمريكية يذهب نحو عشرة في المئة من خطة إنتاج الطاقة إلى إنتاج وتوزيع ومعالجة وإعداد والمحافظة على المواد النباتية والحيوانية التي نستهلكها. وتلك حصة كبيرة من كعكة الطاقة.

إن تفحّص مصدر طعامنا عبر عدسة استهلاك الطاقة يكشف عن فرص لسياسات ذكية وتقنيات مبتكرة وخيارات غذائية جديدة قد يكون بإمكانها حل مشكلات الطعام والطاقة معا بفاعلية. فالخطوات نفسها ستجعل أجسامنا ونظمنا البيئية في وضع صحي أفضل.

من المزرعة إلى المائدة عملية غير فعَّالة للغاية(**)

توضح عمليات حسابية بسيطة أن إنتاج الطعام هو عملية غير فعالة. فنمو النباتات عملية ليست ذات كفاءة في استهلاك الطاقة: في العادة تحوِّل عملية التمثيل الضوئي ما هو أقل من 2% من الطاقة الشمسية الساقطة عليها إلى طاقة مخزّنة. وهذا المعدل المنخفض يسوء أكثر عندما تحول الحيوانات المادة النباتية إلى لحم بقري (5 إلى 10%) أو دجاج (10 إلى 15%). بعد ذلك نهضم ذلك الطعام ونحوّله إلى طاقة بشرية تُخزّن على شكل **گليكوجن** glycogen في العضلات وكدهون - وبخاصة - حول خصورنا.

وإذا أخذنا في الاعتبار وفرة **الفوتونات**(1) التي تضرب الأرض كل يوم، ربما لا يبدو تدني الفاعلية أمرا ذا أهمية. ولكن عندما تُواجه بالحدود المفروضة على توفر الأرضي والمياه العذبة وتسرب الأسمدة إلى المجاري المائية، وتكلفة الوقود الأحفوري والانبعاثات الصادرة عنه، حينها قد تصبح **اللافاعلية**(2) أمرا مخيفا. فالطاقة المستخدمة لصنع الغذاء هي أكبر بكثير من كمية الطاقة التي نحصل عليها من الغذاء نفسه. إذ تنفق الولايات المتحدة الأمريكية 10 وحدات تقريبا من الطاقة الأحفورية لإنتاج وحدة واحدة من طاقة الطعام.

(*) MORE FOOD, LESS ENERGY
(**) FARM TO FORK IS HIGHLY INEFFICIENT
(1) ج: فوتون photons
(2) inefficiency

باختصار

إن نحو 10 في المئة من الطاقة المستهلكة في الولايات المتحدة الأمريكية هي لتنمية المادة النباتية والحيوانية التي يأكلها الأمريكيون وتوزيعها ومعالجتها وإعدادها والمحافظة عليها.

ويمكن تخفيض استخدام الطاقة بتحويل المخلفات الزراعية مثل الروث إلى طاقة، وتجربة تطبيق تقنيات زراعية مثل: الري بالتنقيط، والزراعة من دون حراثة وتسوية الحقول بالليزر واستخدام الأجهزة الموجهة بتقنية تحديد المواقع الجغرافية GPS، وتخفيض كميات الغذاء التالفة أو المهدرة - التي تشكل 25 إلى 35 في المئة من مجمل الأغذية المنتجة - وتناول القليل من اللحوم التي يستهلك إنتاجها كمية كبيرة من الطاقة.

والخطوات نفسها ستجعل أجسامنا ونظمنا البيئية أكثر صحة.





المؤلف

Michael E. Webber

*<**ويبر**> هو مدير مركز السياسات الدولية للطاقة والبيئة وأستاذ مشارك في الهندسة الميكانيكية في جامعة تكساس - أوستن.*

وعندما نأخذ في الاعتبار مجموع السكان يكون مقدار الاستهلاك لافتا للنظر. فأدنى استهلاك للفرد الذكر السليم البالغ والنشط هو 125 واط تقريبا. وذلك يعادل تقريبا 2500 كالوري (سعرة حرارية غذائية) في اليوم، أو تقريبا 10 000 وحدة حرارية بريطانية (btu). وهكذا يحتاج ما يقارب 312 مليون إنسان في الولايات المتحدة إلى نحو كوادرِليون وحدة حرارية بريطانية (**كواد**[1] واحد) من الطاقة الغذائية كل سنة. ولما كنّا نستهلك 10 وحدات من الطاقة الأحفورية لإنتاج وحدة واحدة من الطاقة الغذائية، فإن إطعام السكان يتطلب عشرة كوَادات وهذه تمثل عشرة في المئة من مجمل استهلاك الطاقة سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية وتقدر بـ100 كواد. وإذا كنا كمجتمع نرغب في تخفيض استهلاكنا من الطاقة/الغذاء، فسنحتاج إلى إيجاد طرق لتخفيض نسبة 1:10 من الطاقة المستهلكة للغذاء الناتج.

إن الطاقة الغذائية المطلوبة لتغذية السبعة بلايين إنسان في العالم هي نحو 25 كواد سنويا، أي مجرد خمسة في المئة من الاستهلاك السنوي العالمي المقدر بـ500 كواد. وهذا لايعني أن سائر العالم هو أكثر كفاءة من الولايات المتحدة، بل إن هناك بليون إنسان جائع وبليونا آخر مهددون بالجوع، وأعدادا أكبر ممن لا يستهلكون الكثير.

إن الاستخدام المُكثّف للطاقة زاد إنتاج الغذاء بشكل كبير، وذلك عبر ابتكارات مثل الجرارات التي تعمل بالديزل ومضخات الريّ الكهربائية والأسمدة والمبيدات الحشرية المشتقة من الغاز الطبيعي والبترول. ومنذ منتصف القرن العشرين ازداد تصاعد إنتاج المحاصيل بفعل هذه الثورة الخضراء، وقد حولنا الصحاري مثل سنترال ڤالي بكاليفورنيا إلى سلة فاكهة العالم. وفي الوقت نفسه، انخفضت نسبة العمالة المطلوبة للزراعة.

أما الطاقة الرخيصة، أي البترول بصورة أساسية، فقد كوَّنت شبكة من المواصلات التي حسّنت توزيع الغذاء بشكل ملحوظ، جالبة لنا من أصقاع نائية جدا من المعمورة، طعاما غير متوقع مثل السلاطات والبرتقال الطازج في منتصف الشتاء.

عندما كانت أسعار الوقود الأحفوري منخفضة وعندما لم نكن نهتم كثيرا بالتلوث والانبعاثات، لم نكن قلقين بشأن هدر الطاقة. والآن بعدما ارتفعت الأسعار وصرنا نهتم أكثر بالآثار البيئية، يجب علينا تحسين تلك النسبة 1:10. فقد تصبح اللافاعلية أكثر سوءا في الولايات المتحدة الأمريكية إذ يتزايد نزوح الناس - مدعومين بمكيفات هواء رخيصة - إلى أماكن لا يدعم الإنتاج المحلي للغذاء إلاّ نسبة ضئيلة من النمو السكاني (تصور مدينة فينكس). في مثل هذه الحالات، تُستخدم طاقة أكبر إما لتحفيز إنتاجية الأراضي الرديئة عبر استخدام الأسمدة والريّ المستهلكين للطاقة أو جلب الغذاء من الأسواق البعيدة.

وستتفاقم التوجهات العالمية من شدة التحدي. فمن المتوقع أن يصبح عدد سكان العالم أكثر من تسعة بلايين في عام 2050. وسيرتفع أيضا استهلاك الطاقة والغذاء لكل نسمة: فمن الملاحظ أنه مع تزايد ثراء السكان، فإنهم يستهلكون المزيد من اللحوم، وهي أكثر استهلاكا للطاقة من أي غذاء آخر. والتغير المناخي يشير إلى أن إنتاج الغذاء سيتضرر بنقص المحاصيل بفعل الجفاف والفيضانات، ورشح المياه المالحة في مكامن المياه الجوفية، ودرجات الحرارة الأكثر ارتفاعا (مما سيخفض كفاءة التمثيل الضوئي في الكثير من الأماكن) ومنافسة **الوقود**

(1) quad = كواد = كوادرليون (أي 10^{15}) وحدة طاقة حرارية بريطانية.

الحيـوي biofuel على الأراضي الزراعيــة. وكنتيجة لذلك يتنبأ الخبراء بأن إنتاج الغذاء يجب أن يتضاعف بحلول عام 2050.

قد لا تساعد الزراعة المحلية على حل المشكلات(*)

مــن المؤســف أن التفكير في بعض الحلــول "الرائجة" لإنتاج الغذاء من خلال منظور الطاقة، يوضح بأنها لا تســاعد دائما. فمثلا، تمسّــك الكثير من الناس **بحركة الغـذاء المحلي** local-food movement معلنين أنفســهم المتغذّيــن المحليين locavores، كعلاج للطاقة المستخدمة لنقل الغذاء من مسافات طويلة والطاقة الهائلة المستخدمة في صناعة الزراعة على نطاق واسع. وتشجع حملات (تغذّى محليا) السكان المحليين على شراء الغذاء المحلي من أسواق المزارعين أو المزارع التعاونية القريبة.

كما أن إنفاق نقودنا في المجتمع المحلي بدلا من إرسالها بعيدا جدا، يمكن أن يكــون ذا قيمة اقتصادية، ووجود نظام محلي متنوع لإنتاج الغذاء يخلق مرونة في حال وقوع أحداث غير متوقعة كالحــرب أو الجفاف. إلا أن المزارع المحلية في بعض الأحيان تســتخدم أراضي هامشــية لإنتاج محاصيل غيــر محلية تتطلــب الكثير مــن الكيماويــات والطاقة للريّ، وعلى الرغــم من ذلك كله تعطي محصــولا متدنيا. والغريب في الأمر، أن شــحن الغذاء لآلاف الأميال في بعض الأحيان قد يتطلب طاقة أقل، وتنبعث منه كمية أقل من ثنائي أكســيد الكربون، ويتسبب في أضرار بيئية أقل.

فمثلا، تربية الخراف في نيوزيلاندا حيث ترعى الماشية على أعشاب الحقول المروية بالمطر والتي تنمو غالبا دون الحاجة إلى الأســمدة أو الري، ومن ثم تصدّر إلــى المملكة المتحدة، تتطلب عــادة طاقة أقل من الطاقة اللازمة لتربيــة الخراف في المملكة المتحدة باستخدام الوســائل العالية الاستهلاك للطاقة. وأكثر مــن ذلك فإن المزارع الكبيرة التي تســتخدم أحدث الوســائل الصناعية، كالحقول المحروثة بأجهزة الليزر (لتقليل هدر المياه وانســياب الأســمدة إلى المجاري المائية)، والجرارات المزودة بأجهزة تحديد المواقع الجغرافية (لتحقيق استخدام أمثل للوقود وللحصول على أفضل كثافة للمحاصيل) والمزروعة بمحاصيل معدّلة وراثيا صمِّمت لتستهلك أقل كمية من الماء، وهذه المزارع قد تكــون فعّالة في اســتخدام الموارد إلى حد مثير للدهشــة عندمــا تقارن بمجموعــة من المزارع المتناثرة والتي تســتخدم المــاء والطاقة بطريقة غير فعالة، ولكنها مزارع قريبة من المنزل. إذ اســتنتجت دراسة قامت بها جامعة ســتانفورد أن الزراعة "الكبيــرة" قد قلّلت مــن الكثير من انبعاثات الكربون بســبب تحسين نتاج محاصيلها واقتصاداتها في تكلفة الإنتاج.

أما المزارع العموديــة في المدن أو مزارع إنتاج الطحالب للعلف التي لاتزال في المراحل الأولى من التجربة فهي أيضا لديهــا القدرة على إنتاج أكبر كتلــة حيوية لكل قدم مربع من الأرض مقارنة بالمزارع المحلية.

وفي الواقــع، إن بعض الحلول الرائجــة لمصادر الطاقة المتجددة تعقِّد نظام الطاقة/الغذاء. فالمواد الخام المستخلصة من الأغذية كالذرة والصويا والسكر والنخيل – هي السائدة في الأسواق العالمية كمصادر للوقود الحيوي وتخلق منافسة غير صحية على الأراضــي الزراعية والمياة العذبة. ففي عام 2000، وفي الولايات المتحدة استخدم محصول نحو 30 مليون فدان أكثر من ربع الإنتاج الإجمالي للذرة، لإنتاج 12.7 بليون گالون من الإيثانول. وهذه الحصة ستزداد بشكل ملحوظ مع محاولة الولايات المتحدة الأمريكية تحقيق الالتزامات الفدرالية بــأن يوفّر الوقود الحيوي 20 فــي المئة من مجمل وقود النقل السائل بحلول عام 2022.

استغلال المخلّفات(**)

وعلــى الرغم من جميــع التحفظات حول الصلــة بين الطاقة والغــذاء، إلا أن هناك ما يدعو إلــى التفاؤل. فمع الابتكارات المختلفة والسياسات والأســواق والاختيارات الثقافية التي تركّز على تقليص المخلفات **واللافاعليات** inefficiencies، باستطاعتنا تخفيض نسبة 1:10 من الطاقة المستخدمة: الطاقة المأكولة إضافة إلى تخفيف الضرر البيئي.

والخطــوة الأولى هي وقف اســتخدام حبوب الذرة لإنتاج الإيثانول القائم على النشاء الذي هو النهج الأمريكي الحالي. دعونا نستخدم الحبوب لتغذية البشر والماشية ونستخدم فقط البقايا السيليولوزية (أوراق وسيقان النبات) لإنتاج الإيثانول أو الوقود الصناعي. وتتضمن سياسة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية بالفعل ســعيا جادا نحو هذا الحل. فيشتمل قانون عام 2007 لأمن واســتقلال الطاقة على معيار للوقود المتجدد والذي يلزمنا بأن نستهلك 36 بليون گالون من الوقود الحيوي في كل ســنة بحلول عــام 2022، وأن يتأتّى 16 بليونا من هذه الگالونات من مصادر ســيليولوزية. المتطلب الأخير هو إقرار نادر من قبل السياســيين في العاصمة واشــنطن بأن الذرة ربمــا لا تحل جميع مشــكلاتنا في الطاقــة، إذ يتنبأ الخبراء أنه باســتطاعتنا أن ننتج فقط نحو 15 بليون گالون سنويا من المادة الخام المشتقة من الذرة المزروعة في الأراضي المتوافرة، وذلك من دون أن نضعف قدرتنا على تغذية أنفسنا.

ولكــن الإحلال الصارم للوقود الحيوي يدفع إلى تســريع

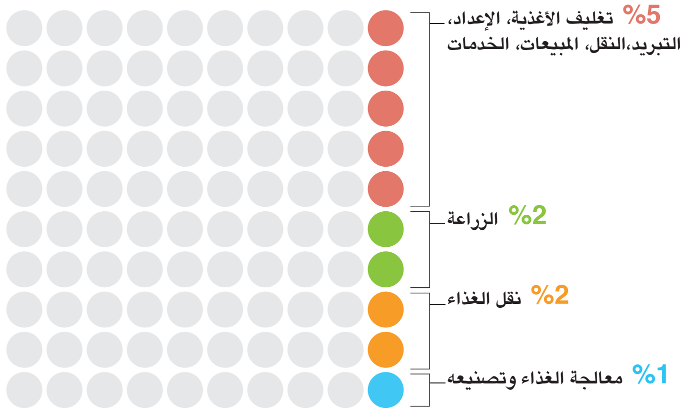
(*) LOCAL FARMING MIGHT NOT HELP
(**) EXPLOIT THE WASTE

تحدٍّ مثقل

قضمة كبيرة من فطيرة الطاقة(*)

تُستخدم نسبة مدهشة تعادل 10 في المئة من خطة إنتاج الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية في إنتاج الغذاء لما يقارب 312 مليون أمريكي. وتحقيق كفاءة أكبر في الزراعة والنقل والمعالجة والتخزين قد يخفض الطلب خاصة على الوقود الأحفوري.

خطة إنتاج الطاقة في الولايات المتحدة المنفقة على الغذاء



استغلال الأنواع المشتقة من المواد الغذائية والقائمة فعليا أكثر من غيرها، وذلك نظرا لكون تقنيات إنتاج الأنواع السيليولوزية متأخرة عدة سنوات كونها أصعب من حيث الإنتاج. فقد صمّمت الطبيعة المواد السيليولوزية عبر آلاف عديدة من السنين بحيث لا تتحلّ. وتحليلها لإنتاج الإيثانول يعني أنه يجب علينا عكس مسار الطبيعة، وهي عملية تحتاج إلى إنزيمات (ترمز للمال)، فإنتاج الإنزيمات على النطاق الصناعي هو أمر مكلف. ومع ذلك باستطاعتنا تجاوز العقبات التقنية والتحرك بسرعة أكبر في ذلك الاتجاه. إذ إن استخدام المصادر السيليولوزية بدلا من المصادر القائمة على الغذاء يمكن أن يساعد مصادر الطاقة في الولاية المتحدة، ويحرّر كذلك عشرات الملايين من الفدادين لإنتاج غذاء آخر.

خطوة أخرى لتحسين معادلة الطاقة/الغذاء هي تحويل المخلّفات الزراعية إلى طاقة: سماد الماشية هو أحد المصادر الغنية. ففي الأيام الخوالي، كانت المزارع الصغيرة تضمّ خليطا من الحيوانات وتنتج محاصيل متنوعة في موقع واحد، وكان الفلاحون ينشرون السماد الطبيعي في حقول المحاصيل بدلا من الأسمدة الكيميائية. أما اليوم، وبنشوء المزارع الكبيرة التي تزرع فقط بضعة محاصيل والعمليات المكثفة لتربية الحيوانات، فُقِدت تلك الحلقة المغلقة من الممارسة. فالكميات الضخمة من السماد الطبيعي الناتجة من العمليات الكبيرة لتربية الحيوانات تجاوزت أي طلب محلي، ونقلها عبر البلد إلى المزارع الكبيرة مكلف جدا. وخلق النظام أيضا بؤرا بيئية ساخنة مثل مستنقعات السماد الطبيعي، التي تصدر عنها كميات كبيرة من انبعاث **غازات الاحتباس الحراري** greenhouse gases كما أنها تشكلّ مصادر للمخلفات السامة. ولكن هذه المستنقعات غنية بالطاقة بشكل ملحوظ، وهناك عديد منها: إذ تنتج مزارع الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من بليون طن من السماد الطبيعي سنويا.

وقد تُحوِّل معدات التحليل اللاهوائية والتوربينات الدقيقة ذلك السماد إلى كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية المتجددة، طاقة كهربائية مولَّدة من الغازات الحيوية المنخفضة الكربون تحلّ محل 2.5 في المئة من مجمل الطاقة المنتجة وطنيا، وفي الوقت نفسه تؤدي إلى تخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وهذه الطريقة ستمنح أيضا الفلاحين مصدرا آخر من مصادر الإيراد. والباحثون في المعاهد الزراعية الرائدة مثل جامعة تكساس A&M وكلية العلوم الزراعية وعلوم الحياة بجامعة كورنيل يدرسون طرقا جديدة للاستفادة من دمج التحليل اللاهوائي للسماد الطبيعي في العمليات الزراعية. يوندي Juehnde قرية ألمانية صغيرة تعمل مع <F. ميتلونر> [من جامعة كاليفورنيا في ديفيس]، وتنتج الكثير من الغازات الحيوية للتدفئة والطبخ لدرجة استقلت فيها المدينة عن شبكة الغاز الوطنية. وقد يشجع صنّاع القرار تركيب المزيد من معدات التحليل اللاهوائي والتوربينات بتمكين الفلاحين من الحصول على رؤوس أموال منخفضة التكلفة، وخلق حوافز مثل تخفيض ضريبة الممتلكات على المعدات، وتوفير المعلومات وورش العمل بحيث يتعرف المستخدم المستقبلي كيفية تشغيل هذه النظم، وإقامة نظام لقياس مؤشرات الشبكة – نظام يسمح للكهرباء المنتجة في الموقع بتخفيض فواتير الخدمات للمزارعين.

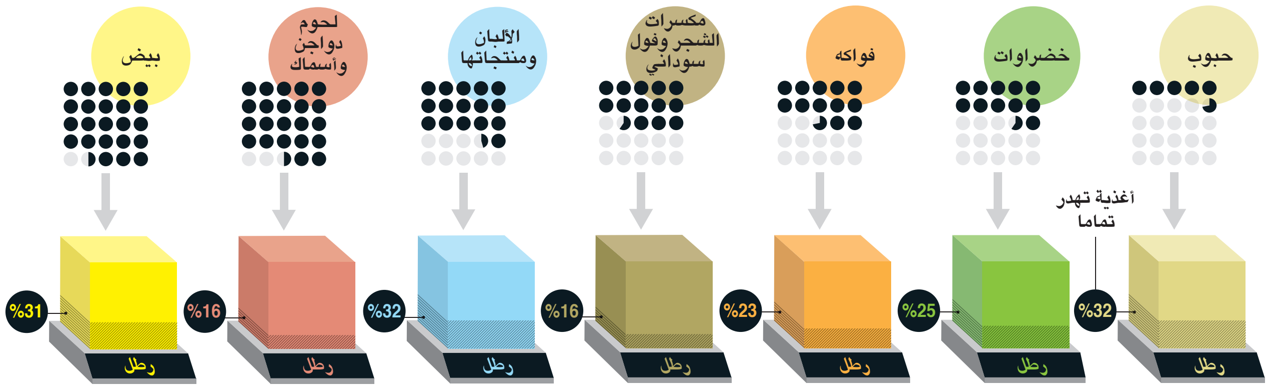
وهناك مصدر آخر للمخلفات قد يوفّر طاقة الغذاء، ألا وهو ثنائي أكسيد الكربون من مداخن مصانع الفحم. فقد يستخدم في زراعة الطحالب كغذاء للإنسان وكعلف للحيوان وكوقود، وبذلك نوفر بعض الطاقة التقليدية المستخدمة في الإنتاج الزراعي. حاليا، يأكل بعض الناس الطحالب مباشرة لأسباب غذائية، وتستخدمها بعض سلاسل المطاعم المحلية كمقادير لإضفاء القوام. أيضا يمكن تحويل دهون الطحالب إلى ديزل حيوي فيوفر وقودا محليا متجددا منخفض الكربون ومصنوعا من مواد أخرى غير المواد الخام المشتقة من المواد الغذائية. أما ما يتبقى من الكتلة الحيوية للطحالب فتتألّف في العادة من البروتين والكربوهيدرات والتي يمكن أن تحل محل

(*) A Big Bite of the Energy Pie

أغذية أكثر فاعلية، هدر أقل(*)

تتطلب الأغذية المختلفة كميات متباينة جدا من الطاقة لإنتاجها. فاللحوم تتطلب أربعة أضعاف ما تتطلبه الحبوب. وإذا انجذب المستهلكون إلى الأغذية الأقل استهلاكا للطاقة فإن استخدام الطاقة سينخفض. كما أن تخفيض الكميات الكبيرة من الغذاء المهدر سيوفر الطاقة أيضا.

الطاقة المطلوبة لإنتاج الغذاء. وحدة حرارية بريطانية (BTU) من الطاقة المستخدمة لكل رطل (باوند) من الغذاء المنتج (● = 1000 وحدة حرارية بريطانية)



علــف الحيوانات القائم على الذرة، ممــا يوفّر المزيد من الذرة للغذاء وبذلك تسهم إيجابيا في الربط بين الطاقة والغذاء. كذلك تنمــو بعض الطحالب جيدا في الميــاه القليلة الملوحة أو المالحة فتنتفــي الحاجة إلى المياه العذبــة. إن قطاع الصناعة الخاص (عبر مجموعة متنوعة من الشــركات الناشــئة مثل ســولازايم Solazyme)، وكذلك المختبرات الوطنية مثل المختبر الوطني للطاقة المتجددة، والجامعات مثل جامعة تكســاس في أوستن وجامعة كاليفورنيا في ســان دييغو، جميعها يقوم بإدارة برامج نشطة من الاختبارات والتجارب الأولية، على الرغم من أن الحلول من الطحالب قد تبدو بعيدة عن التطبيق على نطاق واسع لعقود من الزمن، فإن وعودها تُبرِّر إجــراء أبحاث إضافية، لذا يجب أن يستمر صُنّاع القرار في دعم التطوير.

محاصيل أكثر من كل قطرة(**)

ببساطة، فإن توظيف التقنيات الزراعية المبتكرة – التي صُقلت عبــر برامج اســتطلاعية – على نطاق أكثر اتســاعا يمكن أن يخفّض بشــكل كبير نسبة الطاقة إلى الغذاء 1:10. فمثلا يوفر الــريّ بالتنقيط محصــولا أكثر لكل نقطة، موفــرا الماء العذب والطاقة المطلوبة لضخه. فالطرق التقليدية كالرشاشات المحورية الارتــكاز التي تكوّن دوائر مــن المحاصيل الخضراء الغرائبية الشــكل في وسط الصحاري البنية (تُرى بسهولة عند الطيران فوقها) الشــديدة الهدر، ترش الماء في الهواء حيث تتبخّر نسبة كبيــرة منه. أما القطرات التي تهبط بالفعل على المحاصيل فمن المحتمل أن تضرب الأوراق والسيقان بدلا من الجذور فينتج من ذلك المزيد من الخســارة بفعل التبخّر. وفي التركيب الاعتيادي لنظام الــري بالتنقيط، تغرس أجزاء طويلة من الأنابيب الضيقة أســفل النباتات المزروعة في صف فتوصل الماء مباشــرة إلى الجــذور. وقد قدّر الباحثون في جامعــة ولاية أيوا أن مزارعي الذرة في تلك الولاية سيســتخدمون ماء أقل بنسبة 40 في المئة ويخفضون فواتير الطاقة بنســبة 15 في المئة باســتخدام الريّ بالتنقيط. والآن يســوّق نصف دســتة من كبار موردي الأدوات الزراعية هذه النظم، التي لو اســتخدمت بشكل واسع فسيكون بإمكانها توفير آلاف الساعات من الميگاواتات من الكهرباء على النطاق الوطني كل سنة. كما أن المحفزات للتحوّل للريّ بالتنقيط مع فرض عقوبات على الماء المهدر ربما تُعجِّل باعتماده.

إن الزراعــة من دون حــرث هي طريقة واحــدة أخرى[1]. فهي تُقلل مــن الإضرار بالتربة وذلك باســتخدام آلة زراعية خاصة تبذر الحبوب في أرض غير محروثة عبر شــق سطحي ضيق بدلا من المقاربة الكلية المســتخدمة فــي تقليب التربة. فتقليــل حرث التربة يؤدي إلى تخفيض العمالة والري والطاقة والتعرية وانبعاثات الكربون. فالأرجنتين هي الرائدة عالميا في هذا المجال؛ فأكثر من نصف المزارع هناك تُوظِّف هذه التقنية المتقدمة. ويمكن تطبيق تدريب المزارعين على فوائد الزراعة من دون حرث من خلال خدمات الإرشاد الزراعي عبر الوطن.

والحقول المسوّاة بالليزر يمكن أن تحدّ من التعرية والريّ والتسرب السطحي لبقايا مياه الريّ. إذ تنحدر معظم الحقول بميل تدريجي مما يؤدي إلى توزيع غير متساوٍ للماء وتجميع

(*) More Efficient Foods, Less Waste

(**) MORE CROP PER DROP

(١) انظر: «لا للحراثة: الثورة الهادئة»، مجلة العلوم، العددان 2/1 (2009)، صفحة 40.

متفاوت لبقايا مياه الريّ المتسرب سطحيا. وبدلا من المخاطرة بحصول جزء واحد على كميات من المياه أقل من المطلوب، فإن المزارعين غالبا ما يغرقون الحقل بأكمله، ويتسرب الفائض إلى مجاري الماء المحلية. وبجعل الحقول مستوية سيفقد المزارعون طاقة أقل عند ضخ الماء وسيستخدمون أسمدة أقل بسبب انخفاض التسرب السطحي لمياه الريّ.

كما أن تطوّر الجرارات والحصّادات وغيرها من الآلات التي تدار بواسطة أجهزة تحديد المواقع الجغرافية – وهي في يومنا هذا ميزة اعتيادية توفّرها المصانع مثل مصنع جون دري – قدّم مفهوم "الزراعة الدقيقة" التي ترفع الإنتاجية وتخفيض استخدام الطاقة. يمكّن نظام تحديد المواقع الجغرافية الفلاحين من العناية بالحقول وزراعة المحاصيل حرفيا حتى آخر بوصة، مما يقلّل من المساحة المهدرة والوقت والوقود دون الحاجة إلى توجيه الآليات بأيديهم. وعلى الرغم من أن تحديث مزرعة متوسطة الحجم قد يكلف 000 10 دولار تقريبا، إلا أن باحثين في جامعة پردو Purdue قد وضّحوا أن المنافع تفوق التكاليف. وذلك لسبب واحد وهو انخفاض استخدام الوقود. كما يسمح دمج نظام تحديد المواقع الجغرافية مع وسائل تشخيص حالة الحقل للفلاحين بترسيم حالة التربة والتحكم في استخدام الكيماويات التي قد تتباين من طرف إلى آخر في الحقل، فتتطلب الحالة في نهاية الأمر كمية أقل. أيضا سيكون بالإمكان العمل على الحقول ليلا وأثناء الضباب والمطر، عندما تكون الرؤية البشرية محدودة، مما يرفع الإنتاج.

سلوك أفضل(*)

قد يقلّل هدر الأغذية نسبة الطاقة المستخدمة إلى الغذاء المستهلك 1:10. إذ تُهدر سنويا نسبة مشينة تقارب 25 في المئة أو أكثر من الغذاء المزروع. وفي الولايات المتحدة الأمريكية يعادل ذاك المقدار الضخم 2.5 في المئة من استهلاك الطاقة سنويا، وهي طاقة أعلى من جميع الإيثانول المنتج في عام 2011 بالولايات المتحدة الأمريكية وأعلى من الطاقة التي ستنتج في عام 2030 عند رفع الحظر المفروض اليوم على حفر الطرف القصيّ من الجرف القاري. ببساطة مقدار الغذاء الذي نرميه قد يخفّض استهلاك الطاقة وانبعاث غازات الاحتباس الحراري خلال العقد أو العقدين القادمين بدرجة أكبر من العديد من السياسات – المُكلفة والمثيرة للجدل – المقترحة لتوفير الطاقة.

وكثير من طرق تخفيض فضلات الطعام يمكن البدء بتطبيقها غدا. باستطاعتنا الاستثمار في التشخيص الذي يرصد فساد الأغذية بدلا من استخدام نظام المؤشرات غير الفعالة المبنية على التاريخ والمطبّق منذ عدة عقود. أحد الأمثلة هو استخدام الحبر الحساس للحرارة وللزمن على أغلفة علب الغذاء حيث يتغير اللون على الملصقات فيما لو أن الغذاء تعرّض لحرارة غير مناسبة مدة طويلة. تنتج شركات ناشئة هذه الملصقات التي قد توفّر الكثير من الغذاء الذي يُرمى من دون ضرورة من قبل المحلات خوفا من تعرض زبائنها للمرض. وفي الواقع باستطاعة تلك الملصقات أيضا منع الكثير من الأمراض الناجمة عن فساد الأغذية. إن مطالبة الشركات بالاستمرار برصد درجات الحرارة التي يتعرض لها الغذاء، إضافة إلى الفترة الزمنية التي بقي فيها الغذاء محفوظا قد تعطي تجار التجزئة والمستهلكين معلومات أفضل عن مخاطر فساد الأغذية.

كما قد يكون من المفيد اللجوء إلى اختيارات وسلوكيات غذائية متباينة. فباستطاعة المطاعم وقف تقديم الوجبات الضخمة وباستطاعة المستهلكين وقف المفاخرة ببطولاتهم في بوفيهات "الأكل حتى الشبع". كما يمكن الاحتفاظ بالمزيد من الغذاء الفائض وأكله لاحقا. وباستطاعتنا تغيير عاداتنا الغذائية على الأقل بالاستعاضة عن بعض اللحوم المستهلكة للطاقة بمنتجات أقل استهلاكا للطاقة كالحبوب والبقوليات والمكسرات والفواكه. وهذه السلوكيات لاتتطلب ابتكارا، إنها تتطلب فقط تفكيرا جديدا. إضافة إلى ذلك فإن الكثير منها يؤدي إلى توفير أموال المستهلك. وقد يكون تخصيص يوم الجمعة كيوم دون لحوم أو الاثنين للخضراوات بدايتنا لتحقيق ذلك.

وكما بَيَّنَت الثورة الخضراء الأصلية، فإنه يمكن تطبيق التغييرات الواسعة النطاق نسبيا بسرعة وذلك خلال عقود قليلة. وقد تكون التغييرات مذهلة فتحقّق ناتجا أفضل بكثير من المتوقع. ومع ذلك قد تقع مفاجآت: فسنوات من الإنتاج الوفير من الغذاء قد زادت من البدانة وفاقمت التغير المناخي. والتقانة وحدها ليست كافية؛ فحتى في الثورة الخضراء الأصلية، لم تُحلّ مشكلة الجوع. هذا وإن مقاربة عالمية لتخفيض هدر الطاقة في صناعة الغذاء تقوم على دمج سلوكيات ومواقف وسياسات جديدة، ستكون مقاربة حاسمة في تحقيق النجاح على نطاق واسع. وليس هناك سبب للاعتقاد أن هذه الثورة الخضراء الجديدة ستكون مغايرة لذلك. ■

(*) BETTER BEHAVIOR

مراجع للاستزادة

Wasted Food, Wasted Energy. Amanda D. Cuéllar and Michael E. Webber in *Environmental Science and Technology,* Vol. 44, No. 16, pages 6464–6469; July 21, 2010.

BP Foreseer project, a tool to predict trade-offs among energy, water and land use: **http://bit.ly/rCqkNL**

Scientific American, January 2012

وُلدت قاتلةً بالفطرة[*]

تستخدم الأفعى ذات المجسين، المميتة منذ ولادتها، حيلا ماكرة إلى حد مذهل، لاصطياد السمك.

<K. C. كتانيا>

نفخر - نحن البشر - ونعتدُ كثيرا بأدمغتنا الكبيرة و طرائق سلوكياتنا الحاذقة. ولكن إذا كان ثمة شيء واحد قد تعلمتُه كبيولوجي، فهو ألاّ أقلل أبدا من قدرات الحيوانات التي يعتبرها معظم الناس بدائية وذات عقل بسيط. وقد تعلمت هذا الدرس عادة من الثدييات. ولكن السلوكيات المعقدة التي لاحظتها منذ عهد قريب على الحيوان الزاحف العجيب المعروف بالأفعى ذات المجسين جعلتني أقف مذهولا فاغر الفم.

إن الأفعى ذات المجسين، المسماة علميا Erpeton tentaculatus، هي ثعبان مائي بالكامل، موطنه في تايلند وكمبوديا وجنوب ڤيتنام. أفعى صغيرة نسبيا (طولها بعد البلوغ نحو 60 سم)، وهي تلد صغارا حية ويقتصر اغتذاؤها بالسمك. ويدل اسم الحيوان على أكثر صفاته تمييزا له، وهي: وجود زوج من المجسات تبرز على جانبي الخطم. لقد بدأ اهتمامي بهذه المخلوقات منذ ما يقرب من عقد من الزمن بعد زيارتي، بدافع الحنين إلى الماضي، لحديقة الحيوانات الوطنية في مدينة واشنطن، حيث عملت خلال الصيف كطالب جامعي. ولدى مروري عبر جناح الزواحف، لفت انتباهي حوض مائي كثيف النباتات يحتوي على الأفعى ذات المجسين تكمن متربصة، وهي تحاول جاهدة أن تنتصب في الماء لتأخذ شكل العصا، فينحني جسمها على الهيئة المميزة للحرف J التي تتخذها الأفاعي عند تأهبها للصيد.

وفي أثناء مراقبتي لهذه الأفعى تساءلت عن دور مجسيْها، إذ لا يمتلك أي ثعبان آخر ما يماثل هذين العضوين. ولما كان اغتذاء هذه الحيوانات مقصورا على السمك، فمن المنطقي التفكير في وجود علاقة

(*) NATURAL-BORN KILLER
(1) the tentacled snake
(2) snout

باختصار

إن الأفعى ذات المجسين[1] هي أفعى مائية صغيرة تعيش في جنوب شرق آسيا: أُطلق عليها هذا الاسم لتميّزها بوجود زائدتيْن على جانبي خطمها[2].

لقد ظل دور هذين المجسين لغزا لفترة طويلة. وقد أخذ المؤلف على عاتقه اختبار وظيفتهما.

وقد اكتشف الباحث، في مسار بحثه، أن هذه الأفعى تمتلك منذ ولادتها ترسانة مدهشة من استراتيجيات الصيد المتقدمة - وهذا مثال قصّيّ على الطبيعة عوضا عن التطبيع في تشكيل السلوك.



المؤلف

Kenneth C. Catania

كتانيا› أستاذ مشارك للعلوم البيولوجية في جامعة فاندربلت، وفي عام 2006 حصل على منحة ماك آرثر «للنبوغ». يركز بحثه على علم البيولوجيا العصبية المقارن، وبالأخص الأجهزة الحسية الحيوانية. ومقالته العلمية هذه، هي الثالثة في مجلة «ساينتفيك أمريكان».

ما تربط بين هذين المجسين وكشف السمك. ولكن عندما عدت إلى مختبري في جامعة ڤاندربلت وبحثت في المراجع العلمية وجدت أنه على الرغم من اقتراح نظريات المجسات ومن بينها هذه النظرية، إلا أنه لم يقم أحد باختبارها تجريبيا، ولهذا شرعت في العمل على حل لغز هاتين الزائدتين الغريبتين للأفعى بشكل نهائي.

اكتشفت في مسعاي لتوضيح الغرض الحقيقي للمجسين، أن هذا الحيوان أكثر تشويقا مما كنت أتوقع. فقد تبين أن الأفعى ذات المجسين تستخدم منظومة من الاستراتيجيات الهجومية المتقدمة اللافتة للنظر لاقتناص فريسة. يضاف إلى ذلك ملاحظة أنه حتى حديثة الولادة في هذا النوع تمتلك تلك المهارات، وهذا مثال دراماتيكي dramatic جليّ على تأثير الطبيعة وليس التطبيع في تشكيل السلوك.

في طرفة عين(*)

قبل أن أتمكن من اختبار نظرية عمل المجسات كواشف للسمك، كان لابد لي أولا من مراقبة سلوك الاقتناص عند هذه الأفاعي. ولكن مراقبتها كما يبدو، ليست بالأمر السهل. إذ تهاجم الأفعى ذات المجسين بسرعة فائقة، وكذلك تكون سرعة السمك على حد سواء. يجري الصراع برمته بين الأفعى

(*) IN THE BLINK OF AN EYE

والســمكة وينتهي في غضون أربعين ملّــي ثانية أو 25/1 جزءا من الثانية. ولمشاهدة هذه الأحداث، قمت بتسجيل هجــوم بعــد هجوم لعــدد من الأفاعي مســتخدما آلة تصوير ســينمائية (كاميرا) ذات ســرعة فائقة تلتقط من 500 إلــى 2000 صورة في الثانية، ومــن ثم إعادة عرض الفيلــم المصوَّر (الڤيديو) بالحركة البطيئــة. لقد لاحظت لدى مراقبتي للهجمات، مشــاهد غريبة جدا: وجود سمك انتحاري كما يبدو.

في حالات كثيرة، تستدير السمكة نحو الفكّين المقتربين للأفعــى المهاجمة، ســابحة أحيانا إلى داخــل فم الأفعى مباشــرة. وهذا ما يدعو إلى التســاؤل. إذ يشكل السمك هدفا رئيســيا للكثير من الحيوانات المفترســة. وعلى هذا فهي كائنات خبيرة بأســاليب الهروب وقــد طورت دارات عصبية ســريعة وما يناســبها من أنماط ســلوكية سريعة رشــيقة يمكّنها من الشــعور بخطر الأعداء والفرار منهم. فعندما تستكشــف الأصوات وحركة تموجــات الماء التي يحدثهــا المفترس، تســتطيع البدء بالفرار إلــى مأمن في غضون ســت إلى ســبع ملي ثانية – أي أقل من 150/1 من الثانية – وتسمى استجابة الفرار هذه، **الانطلاقة C**[1] لأنها تبدأ بانحناء جســم السمكة على شكل الحرف C، يفترض أن هذا يدفع الســمكة بعيدا عن المفترس المستعد للصيد. وعلى هذا يُطرح السؤال: لماذا تتحرك السمكة مباشرة نحو فم الأفعى ذات المجسين؟

والجــواب الذي اهتديت إليه، له علاقة ما بهيئة القنص غير العادية التي تتخذها الأفاعي بانتصاب جسمها على الشكل J والتي تؤلف ضربا من الفخــاخ. وتُفضّل هذه الأفاعي تعقّب الســمكة التي دخلت في المســاحة المقعرة مــن الهيئة J التي تشــكلت بين رأسها وأعلى جسمها. وأوضح الفحص الدقيق للڤيديــو بالحركة البطيئــة أنه قبل الهجــوم بالضبط، تُحرك الأفعى جزءا من جسمها مقابل الجزء الأبعد من جسم السمكة عن رأس الأفعى دافعة الســمكة نحو فمهــا الفاغر. وعندما صُوِّرت الهجمات بسرعة 2000 صورة في الثانية وسجلت في الوقت ذاته الأصوات في الحوض المائي بواســطة الميكروفون (المِصْــوات الجهيري) تحت المائي، لاحظت أن حركة جســم الأفعى تولِّد، قبيل الهجوم بالضبط، موجة ضغط تنتشر بقوة كافية لمباغتة السمكة.

وتتصف استراتيجية الخداع عند الأفعى بالمكر بشكل خاص لأنها تستهدف بدقة الدارة العصبية للسمكة التي

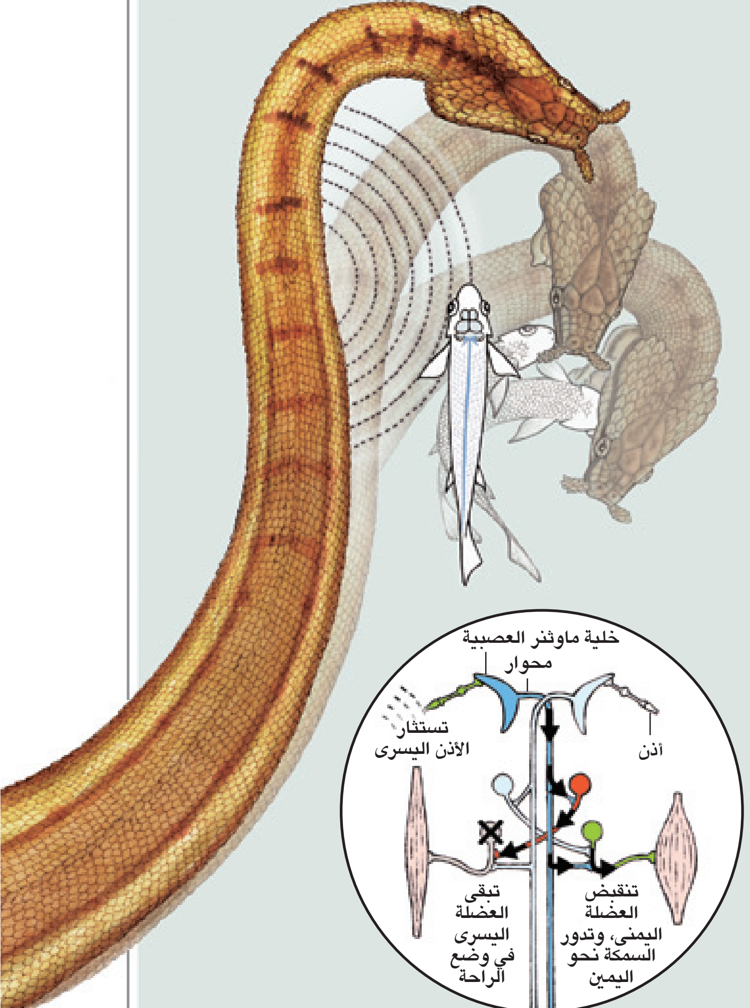
(*) Startle and Strike

(1) C-start

سلوك معقد

باغت واهجم(*)

تقوم الأفاعي ذات المجسين عند الاستعداد للصيد، بثني جسمها بعد انتصابها على شكل الحرف J بحيث تصنع منه فخًّا للسمك الذي لا يشك في أي شيء. عندما تدخل السمكة الحيز المقعر المتكون بين الرأس وأعلى الجسم، تحرك الأفعى جزءا من جسمها باتجاه رأسها محدثة انتشارَ موجة ضاغطة. وتفاجئ هذه الموجةُ السمكةَ فتندفع إلى الجهة المقابلة. وإذا ما اتخذت السمكة وَضعا موازيا لفكّي الأفعى في أثناء هذه الخدعة، يجعلها هذا تسبح في غفلة من أمرها مباشرة إلى داخل فم الأفعى المفتوح. ولكن إذا كانت السمكة تواجه فم الأفعى لدى حدوث هذه الخدعة، تقوم الأفعى باعتراض طريق فرار السمكة. و قبل تحرك هذه الأخيرة تضرب الأفعى المكان المتوقع لرأسها، وهكذا يتموضع فكّا الأفعى في البقعة المحددة لوصول السمكة.



تستغل استراتيجيةُ خداع الأفعى الدارات العصبية في السمك التي تساعده عادة على تفادي الافتراس. واستجابة للمنبهات الصوتية، ثمة خلايا كبيرة تسمى عصبونات ماوثنر **Mauthner neurons، واحدة على كل من جانبي الدماغ، تقوم بنقل الإشارات عبر محاويرها إلى الجانبين المتقابلين من الجسم مما يؤدي إلى تقلص العضلات التي تجعل السمك يدور نحو اليسار أو اليمين. فالصوت الذي يولده المفترس أصلا من الجانب الأيسر مثلا سوف يحفز عصبون ماوثنر الأيسر الذي يعبر محواره إلى الجانب الأيمن من الجسم، فيسبب التقلص العضلي الذي يوجه الحيوان نحو اليمين. وفي الوقت نفسه تكبح عصبونات مثبطة العضلات في اليسار من التقلص، وهذا ما يضمن حدوث الدوران في الاتجاه الصحيح المطلوب.**

تعمل عادة لصالحها وسلامتها. إذ يمتلك السمك زوجا من الخلايا العصبية العملاقة، واحدة في كل من جانبي الدماغ تسمى **عصبونات ماوثنر** Mauthner neurons. وتمتد الزوائد الناقلة لإشارات العصبونات، المسماة **بالمحاوير**(١) axons، متصالبة إلى الجانب المعاكس للجسم. ويحدد التسابق في سرعة نقل إشارة هذين العصبونين وجهة رد فعل الهروب. فعندما يصدر الصوت من الناحية اليسرى مثلا، تحرض الأذن أول الأمر عصبون ماوثنر الأيسر الذي ينقل بدوره الإشارة عبر محواره، منبها العصبونات المحركة في الجانب الأيمن من الجسم ومسببا تقلصا عضليا قويا يوجه دوران السمكة نحو اليمين. وفي الوقت ذاته، تقوم عصبونات مثبطة، تتصالب مع الجانب الأيسر، بمنع العضلات اليسرى من التقلص؛ وهذا ما يضمن إعاقة تدخل أي شيء يعطل الدوران الأيمن الكبير الأهمية. وتكون النتيجة الحتمية الهروب السريع إلا إذا كانت السمكة تسبح قريبة جدا من الأفعى ذات المجسين. في تلك الحالة، عادة ما توجِّه خدعة جسم الأفعى تسلسل تعاقب الأحداث العصبية التي تؤدي إلى الدوران بالاتجاه الخاطئ. ولسوء حظ السمكة يتزامن ذلك كله مع تفعيل الدارة المثبطة التي تعمل عادة كإجراء للسلامة، وهذا يعني أنه ليس ثمة استدارة إلى الخلف.

وتفسر حيلة الأفعى المذهلة بعض المشاهدات المحيرة السابقة. ففي عام 1999 أعلن <J .C. مورفي> [من متحف فيلد للتاريخ الطبيعي في شيكاغو] أن السمك يُلتهم بسرعة كبيرة بل كان أحيانا يختفي تماما خلال انقضاض الأفعى (في غضون لقطة واحدة من جهاز للڤيديو الذي يلتقط 30 صورة في الثانية) وهذا أسرع كثيرا مما كان يتوقعه. ويظهر الڤيديو الفائق السرعة الخاص بي، أنه حتى عندما لا تجبر السمكةُ الأفعى على السباحة مباشرة إلى فمها، فإن الاستدارة التي تقوم بها تجاه الأفعى عادة ما تسمح باقتناصها من رأسها، وهذا يشكل الطريقة الأسرع للأفعى لابتلاع السمك. وهذا الالتهام السريع لا يُمكّن الأفعى من الأكل مرات أكثر فحسب، بل إنه يساعد أيضا على إبقاء ذاتية المفترس طي الكتمان (فمن العسير أن تبدو كعصا غير مؤذية إذا رأتك الأسماك وأنت تلتهم رفيقاتها). هذا إضافة إلى أن الأفاعي لها - هي أيضا - مفترساتها، ومن الراجح أن تُرى هي نفسها وهي تبتلع سمكة، ومن ثم فإن تناول طعامها بهذه السرعة الفائقة قد يقلل من



مجسّان حرشفيان مصوران بالمجهر الإلكتروني الماسح، يستطيعان تحسس حركة الماء الخفيفة جدا، فيقومان بدور كاشف ممتاز للسمك.

فرص تحوّل الصائد إلى طريدة.

التنبؤ(*)

قال عالم النفس <B .F. سكنر> ذات مرة: «عندما تصادف أمرا يثير اهتمامك تخلَّ عن كل شيء آخر واجتهد في دراسته». بهذه الروح قررت أن أطرح اهتمامي **بالمجسات**(٢) جانبا بصورة مؤقتة وأن أركز على سلوك الافتراس لدى الأفاعي - وهذا التغيير أدى إلى اكتشافي خدعا إضافية في هذه المخلوقات.

مع أن ترويع السمك نحو هجمة الأفعى يثير الإعجاب، فإنه لا ينجح إلا عندما تتموضع السمكة في «البقعة الحلوة» بين رأس الأفعى وعنقها بصورة موازية لفكيها. ولكن ما هي حال السمكة في الاتجاهات الأخرى؟ لما كانت استجابة السمكة للهروب نحو اليسار أو نحو اليمين، فالأفعى لا تستطيع ترويع السمكة نحو فمها إذا كانت السمكة فعلا مقابل فكّيها. وفي هذه الحالة تلجأ الأفعى ذات المجسين إلى استراتيجية أخرى أكثر عَجبا: إذ هي تتنبأ بسلوك السمكة. في البدء، تستخدم الأفعى خدعة الجسم وذلك بأن تتظاهر بالهجوم لترويع السمكة وإبعادها عن جسمها

(*) MAKING PREDICTIONS
(١) ج: محوار axon.
(٢) tentacles

دافعة إياها إلــى الوضع الموازي لفكيهــا. عندئذ، وحتى قبل تحرك السمكة تُطبق الأفعى نحو المكان المتوقعً لرأس الســمكة بحيث يبلغ فكّاها تماما النقطة التي سوف تصل إليها السمكة السيئة الحظ. وتجري الأحداث بسرعة فائقة بحيث لا تتيح للأفعى استعمال ردود الفعل البصرية لمتابعة مســار حركة السمكة أثناء الضربة، لذا عليها أخذ الخطة المســتقبلية بالحســبان. في بعض المحــاولات التجريبية، لم تبتعد الســمكة عن خدعة الجسم (الوســيلة التكتيكية لا تنجح دومــا). ومع ذلك تتابع الأفعــى انقضاضها في الاتجاه المتوقع أن تتبعه السمكة في العادة. وهذا السلوك أكــد أن الأفعى تنقض مســتندة إلى التنبــؤ بدلا من تتبع حركة السمكة.

في بعض الأحيان تنقضّ الأفاعي على السمك ببساطة حتى إذا لم تستطع ترويعه ليأخذ الاتجاه المناسب. ولكن في أغلب الحالات انتظرت الأفاعي بأناة دخول الســمك فــي الفخ المشــكل من وضعية جســمها علــى الهيئة J المخصصة للصيد. ولدهشتي لاحظت وجود أنواع كثيرة من الانقضاضات التنبئية بأفعال السمك في هذه المنطقة، اعتمادا على وضعية السمكة. في إحدى البدائل البهلوانية عقصت الأفاعي رأســها تحت جسمها لمجابهة السمكة الهاربــة وجها لوجــه. يبدو أن الأفاعي ذات المجســين تســتطيع الاختيار من قائمة من اســتراتيجيات الهجوم الموجــودة في ترســانتها، اعتمادا علــى الوضعية التي تتصــدى لها. تثير هذه الضربات التنبئية ســؤالا مهما: هــل تتعلم الأفاعي التنبؤ من حياة طويلة من الهجوم، أم إنها تولد ومعها هذه المقدرة؟ من حســن الحظ أن العديد من أفاعينا قد ولدت في المختبر. وعندما اختبرنا الأفاعي الحديثة الولادة بالســمك الحي، كانــت تنقض بصورة واضحة نحو الموقع المســتقبلي للســمك الهارب (عندما كان السمك في الوضعية الملائمة)، وهذا ما أوضح أنها منذ ولادتها تعرف كيف يتحرك الســمك وما هي أفضل طريقة للتغلب عليه بحنكة.

لــدى عرض نتائج بحثنا في مجلة PLoS ONE عام 2010، نوهنا بأن هذه المقدرة الفطرية تشــهد على التاريخ التطوري الطويل للأفاعي ذات المجسين في افتراس السمك وتسهم في توضيح أكثر التساؤلات الأساسية المطروحة في علم الحياة، وأعني بها الأدوار النسبية للطبيعة الفطرية والتربية في تطور الســلوك. تقع الأفاعي ذات المجسين في أقصى أطراف تأثير الطبيعــة الفطرية من هذا المدى، على الأقل عندما يتعلق الأمر بانقضاض حديثات الولادة. إن الاســتجابة الصائبة للسمك ردا على الاضطراب المفاجــئ للماء تُقدِّم إطاراً لتطور إحدى الســلوكيات الفطرية (ضربات تنبئية) التي تســتغل سلوكا فطريا آخر (استجابات هروب السمك).

إن عدم استنباط السمك لاستراتيجية مضادة يقترح أن الأفاعي ذات المجســين تتصرف وفقا لما أطلق <J. S.> گولد> عليه مصطلح «الأعداء النوادر» مستغلة السلوك الذي عادة ما يكون تكيفيا. يجابه السمك الكثير من المفترسين، وفي أغلــب الأوقات يكون رهانه الأفضل اكتشــاف اضطراب الماء المفاجئ للفرار في الاتجاه المعاكس. والسمك السيئ الحظ هو الذي يصادف هذه الأفعى وينخدع فينعطف نحو عدوِّه بدلا من الابتعاد عنه.

إبصار في الظلام(*)

بالنسبة إلى المجســات قمت – مع طالبي للدراسات العليا <D. B.> ليتش> ومســاعدتي في البحث <D.> گوتييه> – بإجراء سلســلة من الأبحاث لتحديد وظيفتها. وقد نشرنا نتائجنا عــام 2010 في مجلة **البيولوجيــا التجريبيــة** Journal of Experimental Biology. ونتيجة لفحص تشــريح النهايات العصبية في هــذه اللواحق ولاســتجاباتها تجاه المنبهات المختلفــة وخريطــة تموضعها في الدماغ، اســتطعنا بيان أن المجســات هي أعضاء لمس حساســة بشكل استثنائي تكشــف تحركات الماء التي تولدها حركة الأجسام القريبة. تلك هي وظيفة المجســات كما هو متوقــع بالضبط لعضو مهيأ لكشف الســمك لمفترس كامن. وقمنا أيضا بتصوير الأفاعي بالأشــعة تحت الحمراء، غيــر المرئية لها، وقدمنا البرهان على قدرتها على اصطياد السمك دون اللجوء إلى البصر. فعلى ما يبدو تســمح المجسات للأفاعي باكتشاف السمك وصيده في الليل أو في الماء العكر. لما كانت الأفعى ذات المجسين مسلحة بكشــاف من الطراز الممتاز للحركة وقادرة على ترويع الهدف نحو موته، فهذه الأفعى هي أسوأ كوابيس السمك. ■

(*) SEEING IN DARKNESS

مراجع للاستزادة

Tentacled Snakes Turn C-Starts to Their Advantage and Predict Future Prey Behavior. Kenneth C. Catania in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 106, No. 27, pages 11183–11187; July 7, 2009.

Function of the Appendages in Tentacled Snakes (*Erpeton tentaculatus*). K. C. Catania et al. in *Journal of Experimental Biology*, Vol. 213, No. 3, pages 359–367; February 2010.

Born Knowing: Tentacled Snakes Innately Predict Future Prey Behavior. Kenneth C. Catania in *PLoS ONE*, Vol. 5, No. 6, e10953; June 16, 2010.

Scientific American, April 2011

تتمة الصفحة 35 (بعد الطوفان)

معالجة مياه الصرف الصحي.

وقد أثار أحد الأفراد وجهة نظر ثابتة عن مدينة هَيوارد بولاية كاليفورنيا، على الشاطئ الشرقي لخليج سان فرانسيسكو. فعندما فاز ‹B. كويرك›، وهو منمذج المناخ وخبير الأسلحة النووية السابق في وكالة الفضاء الأمريكية NASA، بمقعد في مجلس المدينة عام 2004، حاول مرارا أن يجعل المدينة تهتم بخطر ارتفاع مستوى سطح البحر ولكنه لم ينجح في مسعاه مبينا السبب حسب قوله: «لقد كنت مستجدا في هذه الأمور ولم أكن أعرف كيف التصرف بشأنها.»

وبعدئذ وفي ليلة رأس السنة الجديدة 2005-2006، حطّمت أمواج العواصف في المد العالي سدود المدينة الواقية، مسببة أضرارا جسيمة. وبإيعاز من ‹كويرك›، قامت وكالة تخطيط المنطقة الساحلية في Hayward، بجمع مبلغ 000 30 دولار لدراسة الحلول. ففي القرون الماضية، شكلت الرواسب أسفل الجداول والمجاري مستنقعات على طول الخليج، محدثة مصدات ضد أمواج العواصف. ولكن بمجرد أن توجّهت الجداول إلى المجارير والأنابيب، بدأت الرواسب بالتراجع من الخليج بدلا من ذلك، حيث ملأت المراسي والقنوات الملاحية. وتأمل الوكالة البدء بمشاريع رائدة من شأنها أن تتيح إزالة بعض المياه والرواسب مرة أخرى من المستنقعات للمساعدة على الحفاظ عليها.

وتصبح إجراءات التأقلم مع تغيّر المناخ أصعب عندما لا يواجه الناس السدود التي تتجاوزها المياه أو الأقبية التي تغمرها المياه، وخصوصا عندما تتعارض التوجهات السياسية والمالية مع تنفيذها. ففي ولاية آيوا، قام عضو مجلس الشيوخ ‹R. هوگ› بدفع خطة لاستعادة الأراضي الرطبة من شأنها أن تبطئ جريان المياه إلى الأنهار، وتحدّ من الفيضانات في المدن التي تقع في مناطق المجرى الأسفل للأنهار. غير أنّ مجلس الولاية التشريعي لم يمرّر اقتراحه فقط، وإنّما أوقف برامج الولاية القائمة. وحسب قول ‹هوگ›: «هناك أوقات أشعر وكأنني أضرب رأسي بالحائط.» ويتابع: «ولكن علينا أن نستمر في النضال (أن نبقى متواصلين)».

اكتشاف التأقلم مع تغيّر المناخ (اكتشاف المرونة)(*)

ويمكن أن تستخدم الجهود **الناشئة**(1) المزيدَ من المساعدات الاتحادية. وهذا المزيد قد يكون آتيا. ففي عام 2009 وقّع الرئيس ‹باراك أوباما› أمرا تنفيذيا يطلب إلى الوكالات الحكومية أن تطور خطط تأقلمها الخاصة بتغيّر المناخ المقررة في منتصف عام 2012. ومن بين أولئك الذين يتناولون هذه المهمة على محمل الجد هي وزارة الدفاع، التي تهتم بالعديد من المنشآت الواقعة على طول السواحل المعرضة للخطر. كما أنّ وزارة النقل تسعى إلى تحديد الطرقات والجسور والبنى التحتية الأخرى التي يمكن أن تتأثر. وكذلك تسعى جاهدة وكالاتُ الحياة البرية للحفاظ على سلامة أنواع الحيوانات والنظم البيئية وملاجئ الحياة البرية في مواجهة تحوّل المناطق المناخية.

ويمكن أن تأتي متابعة أخرى للعمل من القطاع الخاص. فشركة التأمين ري Re السويسرية العملاقة مع شركة ماك كنزي ومع المجموعات البيئية، عملت على اقتصادات التأقلم مع تغيّرالمناخ. وتبين دراسات إجراءات التأقلم أنّ إنفاق منطقة محلية بعض الأموال الآن لتصبح أكثر تأقلما مع تغيّر المناخ، يكون أقل تكلفة بكثير من أن تدفع في وقت لاحق تعويضات عن الأضرار الناجمة عن الكوارث المناخية – وهي مقاربة تعود بالفائدة بصورة واضحة على شركات التأمين. وبالفعل، فقد رفعت صناعة النفط مستوى مقدرة منصات الحفر لمقاومة أعاصير أكثر شدة. وبالمثل، يسعى ‹J. كوفي› [نائب رئيس في اديلمان] الذي كان قد ساعد سابقا على تطوير خطة شيكاغو للتأقلم مع المناخ، إلى إقناع الشركات بأنّ التأقلم مع تغيّر المناخ قد يوفر إمكانات ضخمة. فمالك مجمّع تجاري يسهم في تحسين نظام مياه العواصف في مجتمع من المجتمعات المحلية، على سبيل المثال، يجني شهرة محلية ويقلل من تعريض الممتلكات إلى الخطر من أضرار الفيضانات ويزيد فرص الناس في بقائهم قادرين على التسوق عند وقوع سوء الأحوال الجوية.

إنّ التأقلم مع تغير المناخ هو بالتأكيد مربح لمدينة دوبوك. فالبطالة تكون منخفضة. وإضافة إلى ذلك، فإن التجديد يرفع على الأرجح قيم الممتلكات ويوفر فرص عمل جديدة. فقد اعتُبِرت المدينة واحدة من المدن الخمس الأولى الأكثر تأقلما مع تغيّر المناخ في الولاية، وواحدة من أنشط عشر مدن على الكرة الأرضية وواحدة من أكثر المجتمعات ملاءمة للعيش في العالم. وحسب قول عمدة المدينة ‹بيول›: «فالمدن التي تراعي مبكرا الاستدامة ستجني فوائد اقتصادية، وهذا ما نلحظه باستمرار.» ■

(*) FINDING RESILIENCE

(1) nascent

مراجع للاستزادة

Progress Report of the Interagency Climate Change Adaptation Task Force: Recommended Actions in Support of a National Climate Change Adaptation Strategy. White House Council on Environmental Quality, October 5, 2010. www.whitehouse.gov

Our Extreme Future: Predicting and Coping with the Effects of a Changing Climate. John Carey in *Scientific American.* Published online June 30, 2011. www.scientificamerican.com/article.cfm?id=extreme-future-predicting-coping-with-the-effects-of-a-changing-climate

The Georgetown Climate Center's Adaptation Clearinghouse (information on state and local adaptation plans): www.georgetownclimate.org/adaptation/clearinghouse

Scientific American, December 2011

عرّاف محترف(*)

يعمل <D .B. جونسون> لدى أكبر شركة عالمية مصنّعة للشيّبات كمسؤول عن الاستشراف والاستقراء المستقبلي لطرح تخمينات حول الوضع الذي ستكون عليه الأدوات الإلكترونية والحوسبة(1) في عام 2020 وما بعد.

مقابلة أجراها <L. گرينماير>

إن القسم الأكبر من النجاح الذي حققته الشركة إنتل INTEL في العقود الأربعة المنصرمة، بوصفها إحدى الشركات المصنّعة للمعالِجات الميكروية (الصغرية)، يُعزى إلى مقدرة الشركة على فهم المستقبل الذي ينتظر التقانة والتكهن به. ففي عام 1965، قدّم <G. مور> [وهو أحد مؤسسي الشركة إنتل] طرحه الشهير ومفاده أن عدد الترانزستورات التي يمكن وضعها على دارة متكاملة سيتضاعف كل سنتين. وقد تبين أن هذا الطرح، الذي بات يعرف **بقانون مور**(2)، ليس سوى تنبؤ غاية في الدقة لما يمكن أن تنجزه شركته من خلال توظيف استثمارات غزيرة في البحث والتطوير ووضع خريطة طريق مُحكمة ومتناهية الدقة.

وبما أن المعالجات الميكروية التي أنتجتها الشركة إنتل كانت تصغر تدريجيا وتزداد سرعة وتقل سعرا، فقد أسهمت في ولادة الحواسيب الشخصية والأجهزة المحمولة التي كان يقتصر وجودها في الماضي على عالم الخيال العلمي. فليس بالمستغرب إزاء ذلك أن يكون الخيال العلمي هو مصدر الإلهام الأول لـ<D .B. جونسون> – ذلك المسؤول الرسمي عن مهام الاستشراف في الشركة إنتل والرجل الذي يتقاضى أجرا لقاء ابتداع تصورات لتقانات الشركة إنتل المرتقبة وكذلك لما تخبئه السنوات القادمة في جعبتها من أسرار لصناعة الحوسبة.

وتتمثل إحدى مهام <جونسون> في سياق اضطلاعه بدوره غير الاعتيادي في تعزيز «**مشروع إنتل للغد**(3)» الذي تم إطلاقه عام 2011 بهدف إشراك الجمهور في النقاشات الدائرة حول الاتجاه الذي تسلكه الحوسبة، ناهيك عن تأثيرها في المجتمع. وبوصفها جزءا من مشروع الغد، قامت الشركة إنتل أيضا بنشر مجموعة من مقتطفات ومختارات مُستقاة من الخيال العلمي التي تجسدت على شكل قصص قصيرة (تشمل مقدّمات بقلم <جونسون>) تؤكد تنبؤات **العلوم الصلبة**(4) بدلا من إجراء تخيّلات تخرق قوانين الفيزياء. وجميع القصص والروايات تهدف إلى إيصال رسالة مفادها أن البشرية في النهاية لا تزال سيدة مصيرها.

وقد أجرت مجلة *ساينتفيك أمريكان* مؤخرا حوارا مع <جونسون> تطرّقت فيه إلى الأمور الأكثر إثارة لذعر الناس حيال مستقبل التقانة، وحول ما يمكن استقاؤه من تجارب الماضي، والأمور التي تعمل مجتمعة على جعل المرء بارعا في التكهن (سواء كان يتمتع بذلك بالفطرة أم بالتنشئة، أم حظي بقليل من كلتيهما). وفيما يلي مقتطفات من هذه المقابلة:

ساينتفيك أمريكان (SA): كيف سيُنظر إلى استخدام الحاسوب في عام 2020؟

جونسون: حسنا، لدي ما يبشّر بالخير وما ينذر بالسوء. فبِمَ تُريد أن أبدأ أولا؟

لنبدأ بما قد يُنذر بالسوء – وهو في الواقع ليس على درجة بالغة من السوء – إنه **برغماتي**(5) أكثر. فاستخدام الحاسوب في عام 2020 سيكون إلى حد بعيد شبيها بما هو عليه اليوم في عام 2011. فلوحات المفاتيح والفأرة والشاشات اللمسية وأدوات التحكم في الصوت ستراوح مكانها وتبقى جاهزة للاستعمال. وسوف نواصل تفحص شبكة الإنترنت والدردشة مع أصدقائنا، فضلا عن أن الكثير من الرسائل الإلكترونية ستظل تتدفق نحو صناديق البريد الإلكتروني لدى الكثيرين منا. ولا أعتقد أن ذلك أمرٌ سيئ. لا بل إنني أعتبره باعثا على الطمأنينة إلى حد ما، وذلك على الرغم من افتقاره إلى البهرجة والضجة التي تصحب صيحات **الأحزمة النفّاثة**(6)

(*) PROFESSIONAL SEER
(1) computing
(2) Moore's Law
(3) Intel's Tomorrow Project
(4) hard science
(5) pragmatic: أو ذرائعي، عملي.
(6) jet packs: جهاز يُربط على ظهر شخص فيدفعه إلى الأعلى وذلك بإطلاق نفثة سائل إلى الأسفل. (التحرير)

باختصار

من هو؟

<B. D. جونسون>

تخصصه/ما يشغله:

مسؤول الاستشراف ومخطط تقاني

أين؟

لدى الشركة إنتل

تتركز أبحاثه على

التنبؤ بالمستقبل – إنه مسعى يجمع بين علم الحاسوب وعلم الاجتماع

الصورة الكاملة

في عام 2020، لن يشعر مستخدم الحاسوب على الإطلاق أنه يستخدم حاسوبا.

والسيارات الصاروخية. والآن لننتقل إلى ما يبشر بالخير.

في عام 2020 سوف يكون استخدام الحاسوب أمرا مذهلا. فأسوة بما فعلته الفأرة والشاشة اللمسية وأدوات التحكم في الصوت (ضوابط الصوت) فعملت على تغيير طريقة تفاعلنا مع النظم الحاسوبية بطريقة جذرية، فإن شبكات **المحساسات**[1] وتجميع البيانات والنمنمة المتنامية للقدرة الحاسوبية سوف تسهم أيضا في إحداث تغيير بالحجم نفسه. وإنني في الواقع لست بصدد إطلاق تنبؤات، ولكن الشيء الوحيد الذي أستطيع قوله عن المستقبل هو أنه سيكون لدينا عدد أكبر من الحواسيب وقدرة حاسوبية أكثر قوة، وهذه القدرة الحاسوبية هي من السعة بمكان بحيث إنها تبرع في التغلغل في نسيج حياتنا اليومية.

تخيّل أنه في وسعك برمجة حاسوبك بمجرد التعوّد على العيش معه كل يوم وحمله ونقله في حقيبتك أينما ذهبت. وإنني أجد هذا الأمر ينطوي على قدر لا يصدّق من الجاذبية والإثارة، لأنه يعني أن الطرق التي نتبعها في تصميم هذه النظم وبنائها، وفي كتابة البرمجيات، وفي اكتشاف التطبيقات الجديدة المذهلة والخدمات الجديدة اللافتة، هي طرق تختلف تمام الاختلاف عن تلك التي اتبعناها في السنوات العشر الماضية.

(SA): هل لك أن تعطينا فكرة عن بعض الأبحاث التأملية الرائعة التي تتابعها؟

جونسون>: إنني أجد متعة في إبراز أوجه التشابه بين الحواسيب الشخصية و**البيولوجيا التركيبية**[2] [استخدام **الدنا** (DNA) والإنزيمات وغيرها من العناصر البيولوجية لهندسة نظم جديدة]. انظر كيف انبثقت براعم الحاسوب الشخصي من رحم الحركات الرافضة التي خرجت عن العادات والتقاليد الاجتماعية [**الحركة الهيبية**[3]]، وعن الإبداعات التي قامت بها الشركة إنتل وأنجزها <S. جوبز> و<S. ووزنياك> [المؤسس المشارك للشركة أبّل]. فحين ننظر إلى أنواع نوادي القرصنة ومجموعات المناصرين الصغيرة التي كونوها، سرعان ما ندرك ما يحدث في البيولوجيا التركيبية في هذا الوقت بالذات – إنه حقا أمر مماثل. فقسم كبير منه يقوم به أشخاص ممن هم دون العشرين من العمر؛ وقسم كبير آخر أدّاه ناشطون متحمسون بمجرد التقائهم معا والتحدث عنه. وعندئذ تستطيع أن تقول، إن كان ذلك صحيحا، فلنحاول أن نقرّر ما إذا كانت البيولوجيا التركيبية والحوسبة الشخصية تتطوران بوتيرة مشابهة. وقد يساعد هذا على رسم صورة لمستقبل التقانات المتنوعة.

(SA): هل سبق أن قمت بإجراء أبحاث فعلية في البيولوجيا التركيبية؟

جونسون>: إنني أقوم بأعمال كثيرة مع عالِم في البيولوجيا التركيبية اسمه <A. هيسل> يعمل بالتعاون مع «**مجموعة الجيش الوردي**» Pink Army Cooperative [وهي مجموعة تروّج لعلاج فردي الطابع لسرطان الثدي]. فهو يقوم بدراسة تصميم الفيروسات وكذلك الدنا. تخيّل أن الدنا يمثل البرمجيات وأن متعضيا – كالبكتيريا أو الفيروس – هو كالعتاد أو التجهيزات الحاسوبية. فما أن تُدخِل البرمجيات فيها حتى تتحول في واقع الحال إلى جهاز حاسوبي.



تأمّل ما يلي: خذ أحد تطبيقات النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) وضعه في هاتفك الخلوي (المحمول) فسرعان ما يتحول هاتفك الخلوي إلى نظام عالمي لتحديد المواقع. ولعل أروع ما في البيولوجيا التركيبية هو أنك إذا خلدت إلى النوم مع متعضٍ، فعندما تستيقظ في صباح اليوم التالي يصبح لديك اثنان، ثم أربعة، وهكذا. إنها تتحول إلى أجهزة حاسوبية تستنسخ ذاتها.

(SA): هل لك بتقديم بعض الأفكار في هذا الصدد؟

جونسون>: أحد الأمثلة الشيّقة التي تناولتها مع <أندرو> يشكل وسيلة لإيجاد حل لمسألة «الميل الأخير» في **توصيلية الشبكات**[4]. وهو حرفيا الميل الأخير بين

(1) sensors: محسّات (ج: محس)
(2) synthetic biology
(3) hippie movement
(4) network connectivity

محور الشبكة ومنزلك أو الشقة السكنية التي تقيم فيها. تخيّل الآن أننا استطعنا أن نهندس متعضيا بحيث يصبح مُوَصِّلا ممتازا لإشارة الإنترنت تلك، وبحيث يتسم بتوصيل أفضل من الكبلات والأسلاك النحاسية التي نستخدمها في يومنا هذا. وكل ما علينا القيام به الآن هو أن نركّب متعضينا الصغير بين منزلك ومحور الشبكة تلك حتى نتمكن من تحميل الأفلام السينمائية العالية الوضوح ليلا نهارا ودون توقف.

«المستقبل هو دائم الحركة - وليس مجرد نقطة موجودة هناك نسعى إلى بلوغها ونشعر بأن لا حول لنا ولا قوة لفعل أي شيء حيالها.»

ولكن كيف نفعل ذلك؟ حسنا، ماذا لو قمنا بتهجين متعضينا الفائق التوصيل مع بذور الأعشاب بحيث يبدو شكله كالعشب وينمو كالعشب ويحافظ عليها كما يحافظ على العشب. تخيل أنك ترى في كل مكان عشبا يمكن أن يكوّن شبكة متداخلة وفائقة التوصيل تنقل خدمة الإنترنت إلى أي مكان تنمو فيه. ناهيك عن كونها شبكة حيّة! فكل من قام يوما ما بالاعتناء بحديقة عشبية خضراء يعلم علم اليقين أنه إذا اعتنى بها بشكل صحيح، فإنها بكل بساطة ستنمو وتستمر بالنمو. وقد باتت صيانة الحدائق الخضراء عملية مطابقة لصيانة الشبكات. وأضحى بإمكان هذا الوسط العشبي الممتد على طول الشريط الأوسط من الكثير من الطرق السريعة في العالم أن يتحول إلى طريق سريع للمعلومات بكل ما للكلمة من معنى!

(SA): كيف يمكن أن يؤثر الخيال العلمي في البحث والتطوير في العالم الحقيقي؟

‹جونسون›: ثمة **تاريخ تعايشي**[1] غني بين الخيال العلمي والحقائق العلمية - فالخيال العلمي ينمّ عن حقائق. ولدي محاضرات كثيرة تناولتُ فيها الذكاء الاصطناعي و**علم الإنسالات**[2]، وتطرقت بالحديث عن الإلهام والطريقة التي يمكننا بها استخدام الخيال العلمي لتحريك هذه الأفكار ونقلها من مكان إلى مكان آخر والتلاعب بها.

وكل مرة يأتي إليّ شخص وينفرد بي جانبا ويقول: «أنت تعرف تمام المعرفة أن سبب اهتمامي بعلم الإنسالات هو **الإنسالة**[2] C3PO، أليس كذلك؟»، لقد أصبحت أقوم بدور المعتَرِف بالنسبة إلى بعض الأشخاص. فما أفعله إزاء ذلك هو أنني ببساطة أمسك بيد الشخص الذي يخاطبني وأقول له: «لا بأس، فلست الوحيد في ذلك.»

فالخيال العلمي يُلهم الأشخاص ويوحي إليهم بما هم يقدرون على فعله. إنه يستحوذ على مخيلتهم، مما ينطوي على أهمية بالغة لتطوير تقانة أفضل.

(SA): كيف أصبحتَ مسؤولا عن مهمة الاستشراف لدى الشركة إنتل؟

‹جونسون›: لقد كان التنبؤ بالمستقبل - وهو مجال يجمع بين علم الحاسوب وعلم الاجتماع - عملا أمارسه كجزء من مهامي المتعلقة بمشاريع الشركة إنتل. وقبل أن أتولّى مهمة استشراف المستقبل، كنت أعمل في الشركة إنتل مهندسا معماريا معنيا بالخبرة الاستهلاكية. وهو عمل شبيه بعمل مهندس البرمجيات أو الدارات المتكاملة، عدا أنني كنت أقوم بتصميم الخبرة الكاملة التي يود الناس امتلاكها.

فالمهندس المعماري المتخصص بالخبرة الاستهلاكية هو مهندس ومصمّم في آنٍ معا يخترق بنظره مسافة زمنية تزيد على خمس أو عشر سنوات ليتكهن بما سيكون عليه مثلا تصميم المعالجات ذات النظم المحتواة ضمن الشيبات (SOC)[3]، وهو النوع الجديد من الشيبّات التي تجمع معا بعامل شكل أصغر [أي بأبعاد أصغر]. وقد ساعدنا التنبؤ بالمستقبل على طرح أسئلة عسيرة على أنفسنا حول مستقبل التقانة وعلى تخيّل الأشياء التي علينا بناؤها. وعليه، قال لي ‹J. راتنر› [رئيس قسم التقانة في الشركة إنتل]: «إننا نعتقد أنك يجب أن تكون مسؤول الاستشراف في الشركة إنتل.» فقلت: «مستحيل.» فتلك مسؤولية ضخمة، لا سيما في مكان مثل الشركة إنتل.

وكان ما يريده ‹جاستن› مني في تلك اللحظة هو الانطلاق إلى الخارج نحو الناس والشروع في التحدث معهم عن المستقبل. صحيح أن أحاديث جمّة كانت تدور فيما بيننا نحن الاثنين، ولكننا لم نكن نتطرق بالحديث عنها مع آخرين خارج الشركة. وفي الأسبوع الذي تلا ذلك [2010/6/30] أصدرنا كتابا بعنوان *«مستقبل الشاشة: مستقبل الترفيه والحوسبة والتجهيزات التي نتعلق بها*[4]*،»* وهو كتاب يعالج قضية التقانة في عام 2015. وقد مثلت أمام الصحافيين وتحدثت إليهم. فقالوا لي، جميعهم تقريبا: «لا ريب في أنك أنت المسؤول عن الاستشراف في الشركة إنتل.» فأدركت في تلك اللحظة أنني حصلت على الوظيفة فعلا.

---

(١) symbiotic history، أو: تاريخ تكافلي.
(٢) robotics أو إنسالية: إنسالة نحت من إنسان آلي = robot
(٣) system-on-a-chip
(٤) *Screen Future: The Future of Entertainment, Computing and the Devices we Love*

(SA): كيف يتناسب دورك كمتكهن بالمستقبل في الشركة إنتل مع ما تقوم به الشركة كجهة مصنعة للمعالجات الميكروية (الصغرية)؟

‹جونسون›: إنني أحتل الخط الأمامي فـي خريطـة الطريق الخاصـة بتطور الشركة. وبذلك فأنا أعمل مع الكثيرين من مصممي الشبكات في العالم. وهم يذكرونني كل عام بضـرورة التفكير بما سـيحدث في عام 2020 على سبيل المثـال. فأبتكر نمـاذج أتخيّلها للطابع الذي سـتتخذه الخبرة حينذاك، وكيف سيبدو استخدام الحاسوب بالنسبة إلى ناظريه في عام 2020. وبما أن الشـركة إنتل هي شركة هندسـية، فإنني أبادر إلى تحويل ذلك إلـى متطلبات وقدرات خاصة بالشـيبّات التي نصنعها. وقد بلغت الآن في عملي عام 2019.

(SA): كيف تضمن أن تكون الأفكار التي تطرحها لمستقبل الشركة إنتل متوافقة مع الاتجاه الذي يحبذ صانعو التجهيزات (أبّل ودلّ وغيرها) ممن يستخدمون شيبّات إنتل في حواسيبهم، أن تسلكه منتجاتهم؟

‹جونسون›: إن الخطـوة الأولـى فـي العمليـة التي أخوضها تتنـاول أمورا تتعلـق بعلم الاجتمـاع. ولدينا علماء في **الإتنوگرافيا**[1] **والأنتروبولوجيا**[2] يعملون فـي المقام الأول على دراسـة البشـر. ولذلك فـإن جميـع الأعمال المتعلقـة بالتنبؤ بالمسـتقبل التي أقوم بهـا تنطلق عمليـا من الفهـم العميق لبني البشـر الذين هم المسـتخدمون للتقانة في نهاية الأمر. ومن ثمّ نلج عِلم الحاسوب وأنكبّ بعد ذلك على النمذجة الإحصائية، فأبدأ بوضع نماذج تصوّر الشكل الذي سيتخذه المستقبل، وهكذا أهرول منطلقا في إنجاز أعمالي.

يتجسـد جزء كبير مـن عملنا في الخـروج إلى الملأ والتحـدث ليس إلى زبائننا فحسب بل إلى النظام التفاعلي الأوسع المتمثل بالحكومات والمؤسسات العسـكرية والجامعات. فأطرح عليهم الأسـئلة التالية: «في أي اتجاه تسـير الأمور؟ وكيف سيبدو لشخص ما خوض تجربة مستقبل من هذا القبيل؟»

(SA): هل لك أن تعطي مثالا واحدا يدل على الطريقة التي قد أسهم أو قد يُسهم بها التطلّع إلى المستقبل في تصميم منتج من تجهيزات الشركة إنتل؟

‹جونسـون›: إننـا لا نكتفـي فقـط بالتسـاؤل عن الكيفية التـي نجعل بها الشيبّات أصغر حجما وأكثر سرعة وأقل سعرا. فما نسأله الآن هو: ما الذي يبتغي المرء تحقيقه من استخدامه للجهاز؟ وما هي طبيعة الخبرة النهائية المنشودة؟ وما هي الأمور التي ستستحوذ على مخيلات الناس؟ لقد كتبت في «*مستقبل الشاشة*[3]» عن مستقبل تكون فيه الأجهزة الحاسوبية المتعددة موصولة معا، وتعمل جميعها معا بحيث يكاد المستهلك لا يشعر بوجود أي فرق بين حاسوبه الشخصي أو تلفازه أو هاتفه الذكيّ. فبالنسـبة إلى الأشخاص، لا تعدو المسـألة عن كونها مسألة تتعلق بالشاشـات: شاشـات مختلفة توفّر لنا نفاذا إلى سبل التسلية والترفيه وتوصلنا بالأشخاص الذين نحبهم.

(SA): هل يساعدك الانخراط في الكتابة التخيلية على عملك اليومي؟

‹جونسـون›: لسـنوات عـدة، كانت الكتابة في مجـال الخيال العلمي جزءا لا يتجزأ من المستقبل. وقد استخدمتها في الشركة إنتل لاستكشاف المضامين والملابسات البشرية والثقافية والأخلاقية للتقانات التي نصممها. فهذه القصص أو النمـاذج الأوليـة للخيـال العلمـي تستخدم في الغالب كجزء من مواصفات المنتج النهائي - أي دفتر الشروط الذي يشـرح للمهندسـين والفريـق المعني بالتطويـر الأمـور التي يتعـين بناؤها. كما أن بعـض الأدمغة العلميـة الفذة، مثـل ‹A. أينشـتاين› و‹R. فايمان›، قد اسـتخدموا الإبداع وخيالهم كجزء من منهجهم العلمي. فحين أكتب في الخيال العلمي مسـتندا إلى حقائق علمية، فإن ذلك يزوّدنـي حقا بـأداة فعّالة لابتكار وتكوين تقانات مصممة بشـكل أفضل لتناسـب بني البشر. كما أن المهندسين مولعـون بالخيال العلمـي، ولذلك فإنه يمثل بالنسبة إليهم وسيلة بارعة للخروج بتنبؤات مستقبلية للسنوات العشر إلى الخمس عشرة القادمة.

(SA): ما هو أكثر الاعتقادات الخاطئة شيوعا بين الناس حيال المستقبل؟

‹جونسـون›: يعتقد كثير من الناس أن المسـتقبل هو أمر معدّ سـلفا. فيقولون: «أنت معنيٌّ بالاستشـراف، فهات زودنا بتنبؤات.» ولكن المسـتقبل يتسـم بدرجة من التعقيد تفوق ذلك. فهو دائم الحركة - وليس مجرد نقطة ثابتة هناك نسـعى إلى بلوغها ونشعر بأن لا حول لنا ولا قوة لفعل أي شـيء حيالها! فالمستقبل هو محصّلة الأفعـال التي يقوم بها البشـر يوما بعد يـوم. ولذلك يتعين على الناس المشـاركة الفعالة في صناعة ذلك المسـتقبل. وخير طريقة للتأثير في المسـتقبل هو التحدث عنه مع أسرتك وأصدقائك وحكومتك. ■

‹J. گرينماير›، محرر مشارك
لدى مجلة ساينتفيك أمريكان

---

(1) ethnography: عِلـم وصف الأعـراق (أو الأجناس) البشرية.
(2) anthropology: عِلـم يبحـث عـن أصل الإنسـان وثقافته.
(3) *Screen Future*

مراجع للاستزادة

The Tomorrow Project Anthology: Conversations about the Future. Cory Doctorow, will.i.am, Douglas Rushkoff and Brian David Johnson. Intel Corporation, 2011.

***Scientific American,* May 2012**

إزاحة غُمَّة بالغة الشدة[*]

مضادات الاكتئاب المتوفرة حاليا لا ترقى إلى ما هو منشود. فمفعولها قد لا يبدأ بالعمل إلا بعد أسابيع وقد يفشل عند الكثيرين. والباحثون يسعون جاهدين إلى استكشاف بدائل دوائية أفضل.

<R. مارانتزهينيگ>

تناولت امرأة شابة، تبنت الاسم المستعار «الأخطبوط العنبي»، مضادات الاكتئاب لمدة ثلاث سنوات بهدف معالجة القلق والذعر بشكل رئيسي. وفي خضم سردها لقصة كفاحها في موقع إلكتروني يسمى «مشروع التجربة»، ذكرت أنها أخذت الدواء پاكسيل Paxil، وهو أحد الأدوية المثبطة **لإعادة امتصاص السيروتونين انتقائيا** (SSRI)[1] الشائعة الاستخدام. ومن ثم أقلعت عنه أخيرا لكونه أزال رغبتها الجنسية بالكامل. واستعاضت عنه بالدواء كزاناكس Xanax، وهو دواء مضاد للقلق أعاد إليها رغبتها الجنسية، غير أن أعراض الاكتئاب عادت إليها من جديد. ولذلك عادت إلى تناول الدواء پاكسيل مجددا، ثم استعاضت عنه بالدواء ليكساپرو Lexapro (وهو أحد الأدوية المثبطة SSRI)، ثم بالدواء پريستيك Pristiq، وهو مصنف كدواء قريب لمضادات الاكتئاب، وتحديدا مجموعة الأدوية المثبطة **لإعادة امتصاص السيروتونين والنورإبينفرين** (SNRI)[2]. وعندما كتبت قصتها في الموقع كانت تتعاطى دواء آخر من فئة الأدوية المثبطة SSRI، وهو زولوفت Zoloft إضافة إلى الدواء ولبوترين Wellbutrin (وهو قريب من فئة الأدوية المثبطة SNRI ويؤثر في كل من الدوبامين والنورإبينفرين) بهدف معاكسة تأثير الدواء زولوفت الجانبي المؤدي إلى تثبيط الرغبة الجنسية. وقد ذكرت في النص: «لم ألحظ فارقا يُذكر من خلال استخدام الدواء ولبوترين، إلا أنني أستخدم الحد الأدنى من الجرعات حاليا، سأذهب إلى معالجي النفسي الأسبوع القادم، وقد يزيد من هذه الجرعات، من يعلم؟»

يمثل هذا أسلوب وصف الأدوية المضادة للاكتئاب النموذجي، الذي يعتمد على التجربة والمحاولة وهذا الأسلوب ليس مقتصرا على معالجة الاكتئاب، بل يشمل اضطرابات أخرى كالتي لدى الأخطبوط العنّبي الأزرق (مدونة النص الإلكتروني). واستخدام هذا الأسلوب «يشعر المرء وكأنه لوح رمي dartboard»، هذا ما دوّنه <A. سولومون> في كتابه «المَعْلَم» حول الاكتئاب الجِنّيّ ظهرا The Noonday Demon.

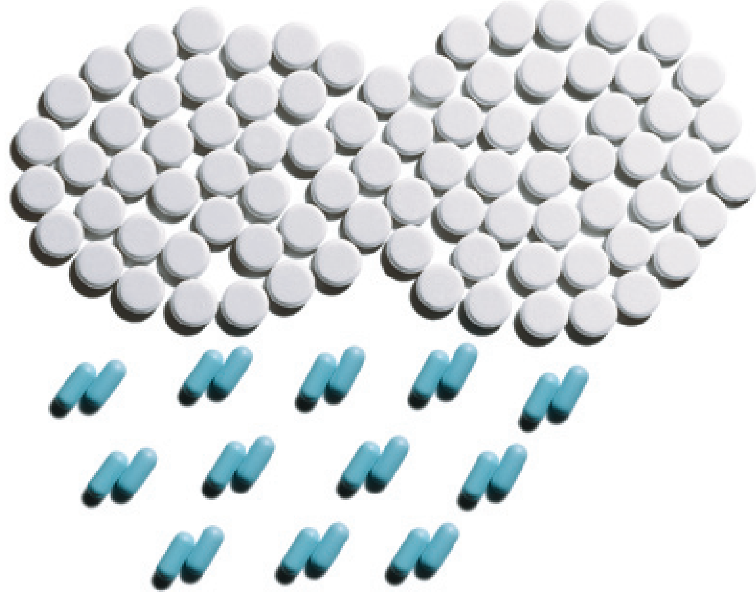
ليست الأعراض الجانبية المزعجة هي السبب الوحيد لتبني أسلوب لوح الرمي، فالأدوية التي تنتمي إلى فئتي الأدوية المثبطة SSRI و SNRI اللتين سيطرتا على سوق مضادات الاكتئاب منذ إدخالهما في الثمانينات والتسعينات من القرن الماضي، عجزت عن مساعدة الجميع، وهي تفشل عندما يقارب الثلث من مجموع المستخدمين. والدواء الذي يبدو ناجعا اليوم قد يفشل في مساعدة المرضى غدا. كما قد يتطلب ظهور مفعول الدواء عدة أسابيع، وهي فترة انتظار قد تكون ذات عواقب وخيمة. إذ تبين من خلال تقرير نشر عام 2006 في مجلة الطب النفسي الأمريكية

(*) LIFTING THE BLACK CLOUD، غُمَّة، من غَمّ = حزن، كرب.
(١) selective seotonin reuptake inhibitors
(٢) serotonin and norepinephrine reuptake inhibitors

باختصار

تحتاج مضادات الاكتئاب الحالية إلى أسابيع للتأثير. وقد تفشل عند بعض الأفراد بشكل تام كما قد يتوقف تأثيرها المفيد لاحقا. وهناك حاجة إلى أدوية ذات مفعول سريع وتلك ذات آلية عمل مختلفة، إلا أن الأدوية قيد الدراسة في الشركات الصيدلانية الكبيرة قليلة.

وتحاول جهات حكومية ومختبرات جامعية، إضافة إلى شركات صيدلانية صغيرة، التعويض عن هذا النقص، وقد توصلت إلى بعض المؤشرات الواعدة.





المؤلف

Robin Marantz Henig

<هينگ> كاتبة مساهمة في مجلة نيويورك تايمز، وهي مؤلفة أيضا. ومن مؤلفاتها حديثا أطفال الپاندورة Pandora: كيف أقلع طفل الأنبوب الأول ثورة الإنجاب. وهي تعمل حاليا على تأليف كتاب بعنوان «عشرون شيئا،» وتشاركها في تأليفه ابنتها <سامنثا>.

أن الانتحار لدى المسنين المكتئبين (بعمر 66 فما فوق) يزداد خمس مرات خلال الشهر الأول من العلاج مقارنة بالأشهر اللاحقة.

ومن الواضح أن المرضى يحتاجون إلى مضاد اكتئاب يعمل بشكل أسرع وأفضل. غير أن خطوط الأدوية الجديدة قيد الاختبار قد أوشكت على النضوب. في الواقع، أعلنت شركات كبرى مثل گلاكسوسميث كلاين في السنتين الماضيتين عن عزمها التخلي عن تطوير أدوية نفسية بسبب تكلفتها الكبيرة وصعوبة إيجادها والمجازفة المقترنة بذلك.

يحاول بعض العلماء العاملين في المؤسسات الحكومية وأولئك في المختبرات الأكاديمية أو في شركات الأدوية الصغيرة استدراك هذا الجانب المهمل في تطوير الأدوية. ويبقى أمر نجاح هذه المساعي قيد التساؤل حاليا، إلا أن توفر أدوية جديدة في هذا النطاق سيخدم خمسة عشر مليون مكتئب ينتظرون بلهفة. الكثير منهم يعالج الآن دون فائدة تذكر باستخدام طرائق **كالمعالجة بالحديث** talk therapy أو بوصف أدوية غير ناجعة، وبعضهم يائس ويحاول أي شيء يمكن أن يخفف الألم النفسي، حتى إن بعضهم قد يلجأ إلى وسائل علاج قيد التجربة؛ كوضع إلكترودات على الرأس، أو حرق فجوات في الدماغ.

السعي نحو السرعة(*)

عمل الباحثون الذين ينشدون العثور على مضادات اكتئاب سريعة المفعول، على دراسة مركبات معروفة بقدرتها على تحسين المزاج بسرعة البرق، آملين بأن يقودهم ذلك إلى تعرف آلية عملها السريعة مقارنة بالأدوية المثبطة SSRI، تلك التي تعمل على رفع مستوى السيروتونين (ناقل عصبي في الدماغ). ويعد الكيتامين أحد هذه المركبات.

إن الكيتامين دواء مخدر ومسكن يستخدم كعقار ترويحي ومعروف للعموم باسم **الخاص K** special K. وبإمكان هذا الدواء - إضافة إلى تأثيراته الأخرى - التأثير في الوعي وأن يسبب الهلوسة. وتبين من خلال تجارب أجريت على القوارض أن له تأثيرا سُمّيّا في الخلايا العصبية، وهذا يجعله إجمالا مرشحا غير مثالي كمضاد اكتئاب. إلا أن الكيتامين أثبت جدارة كبيرة كمركب يسمح باختبار فرضيات حول تسريع مفعول الأدوية المضادة للاكتئاب. وقد بين كل من <R. دومان> و<G. أگاجانيان> وزملائهما من جامعة ييل أن حقن جرذان المختبر بمادة الكيتامين يؤدي إلى زيادة إنتاج البروتينات الضرورية لتشكيل **مشابك** synapses عصبية جديدة (نقاط الاتصال التي تنتقل فيها الإشارات بين الخلايا العصبية) في **قشرة الدماغ قبل الجبهية** prefrontal cortex، ويتم ذلك في غضون ساعتين من الحقن. والمعروف أن خللا يصيب هذه المنطقة من الدماغ والتي تقع خلف العين مباشرة لدى المرضى المصابين بالاكتئاب. وبعد مضي أربع وعشرين ساعة على حقن الكيتامين، تبدأ الجرذان ببرعمة أشواك مشبكية عصبية جديدة، وتبدو كفروع في «برتقالة عيد الميلاد» على طول **التغصنات** dendrites، والتي تمثل استطالات الخلية العصبية المستقبلة للإشارات من **العصبونات** neurons الأخرى. إن زيادة عدد الأشواك تزيد من سرعة انتقال الإشارات العصبية باضطراد. وتبين في تجارب كل من <دومان> و<أگاجانيان> أن زيادة أشواك المشابك العصبية تؤدي إلى انحسار معالم السلوك المرتبط بالاكتئاب (كالتخلي عن الأنشطة المزاولة عادة) لدى حيوانات التجارب.

ويقول <دومان>، الذي يدير مختبر ييل للطب النفسي

(*) IN SEARCH OF SPEED

الجزيئي: «في السنوات العشر الماضية أو مايقارب ذلك، أظهر الكثير من الأبحاث أن حالات الاكتئاب تترافق مع **ضمور** atrophy وليس نموا في قشرة الدماغ قبل الجبهية ويلاحظ ذلك في **الحصين** hippocampus أيضا.» ويقول أيضا: «يستطيع الكيتامين أن يوقف سريعا هذا الضمور،» ويعيد الحال إلى سابق عهده. فيما يبقى تحديد سرعة هذه العملية حاليا موضع بحث وتقصٍ. فعلماء ييل يفحصون أدمغة جرذان بعد مضي ساعات قليلة من حقن الكيتامين للنظر في إمكانية حدوث تزايد سريع في أشواك المشابك، أي قبل مضي أربع وعشرين ساعة من الحقن.

لقد أظهرت أبحاث إضافية طُبقت على مجموعة مختلفة من الجرذان المصابة بالاكتئاب، كيفية نمو أشواك المشابك بفعل الكيتامين: إذ تبين أن ذلك يتم من خلال تنشيط إنزيم يسمى بـ mTOR في العصبونات. وقد اكتشف ‹دومان› وزملاؤه هذه العلاقة من خلال إعطاء الجرذان دواء يثبط نشاط الإنزيم. إذ إن تثبيط الإنزيم لم يؤد إلى التغيير الملاحظ عند الجرذان بعد إعطاء الكيتامين لجرذان أُجري فيها التثبيط. ولم يعمل الكيتامين على تنمية الشوك المشبكي أو على عكس السلوك المشابه للاكتئاب. وبعبارة أخرى، وجود إنزيم mTOR فعالٍ شرطٌ ضروري كي يعمل الكيتامين على برعمة الأشواك المشبكية.

ونظرا لكون الكيتامين مركبا أخطرَ من أن يُسمح باستخدامه روتينيا كدواء، دأب الباحثون على التحري عن منشطات mTOR أخرى. كانوا يعلمون أن الكيتامين يحرض الإنزيم من خلال منع الگلوتامات (الناقل العصبي الرئيسي الاستثاري في الدماغ) من التأثير في جزيء مستقبل خاص – يسمى بالمستقبِل NMDA – يقع على سطح العصبونات. لذلك عملوا على اختبار مثبط آخر للمستقبل NMDA ووجدوا أنه فعال أيضا في تنشيط الإنزيم mTOR، وعمل على تحفيز تشكل الأشواك العصبية سريعا، مما أدى إلى ظهور مفعول مضاد للاكتئاب في الجرذان. يقول ‹دومان› إنه وزملاءه يبحثون الآن في فعالية مركبات أخرى تعمل على تثبيط المستقبلات NMDA للنظر في إمكانية استخدامها كمضاد اكتئاب سريع المفعول وآمن.

هناك مركب آخر يعمل على تحسين المزاج بشكل سريع مثل الكيتامين موجود في السوق لغاية أخرى، وهو **السكوپولامين** scopolamine، هذا الدواء يباع كلصاقة جلدية لمعالجة دوار السفر. يؤثر السكوپولامين في دارات دماغ غير تلك التي يؤثر فيها الكيتامين، فهو يعيق ارتباط الناقل العصبي أستيل كولين – ذي العلاقة بالانتباه والذاكرة – بجزيئات معروفة باسم المستقبلات **المسكارينية** muscarinic.

منذ سبعينات القرن الماضي، كان معروفا لدى الباحثين أن تغييرا في نشاط الأستيل كولين في الدماغ يمكن أن يقود إلى حالة الاكتئاب، إذ تبين أن إعطاء مرضى الخلل **الثنائي القطب** bipolar، ممن يتأرجحون بين حالة **الهوس** mania وحالة الاكتئاب، دواء يحفز انتقال إشارة الأستيل كولين في طور الهوس يؤدي إلى ظهور أعراض الاكتئاب التي تتمثل في مزاج سيئ وحالة **لامبالاة** lethargy، ويتم ذلك في غضون ساعة واحدة من إعطاء الدواء. كما أن إعطاء دواء يزيد من مستوى الأستيل كولين في الدماغ لمرضى الاكتئاب عَمِلَ على زيادة حدة الاكتئاب لديهم.

من المنطقي إذن أن يبحث العلماء في معرض سعيهم عن مضاد اكتئاب إلى إيجاد وسائل لتثبيط الأستيل كولين، إلا أن هذه المساعي المبكرة توقفت في تلك الحقبة نتيجة للاهتمام الكبير بالناقل العصبي **سيروتونين** serotonin. في الواقع ظن العديد من أطباء النفس أن ما جعل أدوية فئة SSRI فعالة هو أنها لا تستهدف الدارات الدماغية التي تعتمد الأستيل كولين. وقد عملوا لاحقا على إهمال الأستيل كولين ظانين أن لمضادات الاكتئاب القديمة آثارا جانبية كثيرة نتيجة لكونها تؤثر في المنظومة **الكولينية** cholinergic (على عكس فئة الأدوية المثبطة SSRI) وبشكل خاص المستقبلات المسكارينية التي تمثل إحدى مجموعات مستقبلات الأستيل كولين التي تنتشر في الدماغ كله.

لذا، فإن إيجاد دواء مضاد للاكتئاب يعمل بشكل نوعي على المستقبلات المسكارينية بفعالية وسرعة، دون أن تكون له أعراض جانبية كثيرة، كان رأيا مخالفا للتصور السائد. ومع ذلك، هذا هو ما يأمل به بعض الباحثين من **مركب السكوپولامين**(1).

وفي دراسة شملت 22 مريضا شُخص لديهم اكتئاب، وجدت ‹M. فوري› [وهي باحثة لدى المعهد الوطني للصحة الذهنية في فرع الفيزيولوجيا المرضية والمعالجة التجريبية] وزملاؤها أن السكوپولامين إذا أُعْطِيَ وريديا فإنه يزيل الأعراض في غضون ثلاثة أيام. وهي في الواقع، تقول: «أبلَغَنا المرضى عامة تملكهم شعورا أفضل لدى الاستيقاظ بدءا من اليوم التالي.» وفي نهاية هذه الدراسة، أي بعد مرور أربعة أسابيع، أظهر ما يقارب من ثلثي عدد المرضى تحسنا ملحوظا في حدة أعراضهم بل وشفي نصفهم. واستمر هذا التأثير المفيد لمدة أسبوعين بعد أخذ الجرعة الأخيرة. وقد أمكن تكرار هذا المفعول الأخير على اثنين وعشرين مريض

(1) scopolamine

اكتئاب آخرين.

ويأمل المعهد الوطني للصحة الذهنية بالعثور على شركة صيدلانية تعمل على إجراء الاختبارات والتجارب السريرية الضرورية لإيصال السكوبولامين إلى سوق الدواء كمضاد اكتئاب ذي فعالية سريعة. وتقول ‹فوري›: «خاب أملها» لعدم وجود من يقبل بتبني هذا الدواء حتى الآن؛ ذلك لأنها كما تقول «أنا أرى مدى فعالية هذا الدواء عند الناس.»

تمثل كيفية إعطاء هذا الدواء عقبة أمام تبنيه. فإعطاء السكوبولامين وريديا، كما يفعل حاليا بعض أطباء التخدير في خليط المخدرات، إجراء غير عملي. واستخدام لصاقة جلدية لايسمح ببلوغ المستوى المطلوب في الدم، أما إعطاؤه فمويا فيؤدي إلى القضاء على معظم السكوبولامين في الجهاز الهضمي. وتعمل ‹فوري› حاليا على إيجاد طريقة لإعطاء الدواء بطريقة تكون عملية وفعالة في الوقت ذاته.

حل لباقي الأمور(*)

النقيصة الرئيسية الأخرى للجيل الحالي من مضادات الاكتئاب، إضافة إلى الفترة اللازمة لبدء التأثير المساعد أو المفيد هو كونها غير فعالة عند بعض الأشخاص. ويركز الباحثون في مواجهة هذه الإشكالية على وسائل عدة جديدة في سياق إيجاد حلول مناسبة. فبعضهم يختبرون صنفا آخر من مستقبلات الأستيل كولين يعرف باسم المستقبلات النيكوتينية (سميت كذلك لكونها تستجيب أيضا للنيكوتين). ويبحث علماء في الشركة تارگاسبيت Targacept [وهي شركة صغيرة صيدلانية حيوية في وينستون سالم] على وجه الخصوص في دواء تجريبي يسمى TC-5214 يثبط بشكل نوعي المستقبل النيكوتيني. إنهم يأملون بتسويق المادة كعلاج مكمل في حال فشل مضاد الاكتئاب وحده في إنقاص الأعراض.

وفي دراسات أولية شملت 265 شخصا تم إعطاء الدواء TC-5214 أو دواء غفل placebo لمن لم يستجيبوا للدواء سيتالوبرام (سيليكسا celexa) من الفئة SSRI. وفي عام 2009 بينت الشركة تارگاسبيت أن الأفراد الذين تناولوا سيتالوبرام والغفل تحسنوا بمقدار 7.75 نقطة وفقا لأداة التقييم المعيارية (سلم تقييم هاملتون للاكتئاب)، فيما تحسن أولئك الذين تناولوا سيتالوبرام والدواء التجريبي بمقدار 13.75 نقطة.

وقد وقعت الشركة استرازينكا AstraZeneca مع الشركة تارگاسبيت Targacept عقدا لإجراء دراسات أكثر استفاضة حول فعالية هذا الدواء (اختبارات المرحلة الثالثة من إنتاج الأدوية) حيث يجري إعطاء دواء غفل أو المركب TC-5214، إضافة إلى مضاد الاكتئاب الأصلي. ونتج من الدراستين الأوليَيْن اللتين شملتا ما مجموعه 614 فردا نتائج مخيبة للآمال (لا وجود لتحسن مقارنة بالغفل اعتمادا على علامات الاكتئاب وذلك بعد ثمانية أسابيع). غير أن الشركتين تارگاسبيت واسترازينكا مستمرتين في إجراء دراستين أخريين لتقييم الفعالية، وسيشمل ذلك أكثر من 1350 فردا في مراكز عدة حول العالم، كما ستتم دراسة السلامة الطويلة المدى للدواء. تأمل الشركتان بإرسال طلب بتسجيل المركب TC-5124 كدواء جديد لدى إدارة الدواء والغذاء الأمريكية وذلك في النصف الثاني من عام 2012.

الوضع بالأرقام

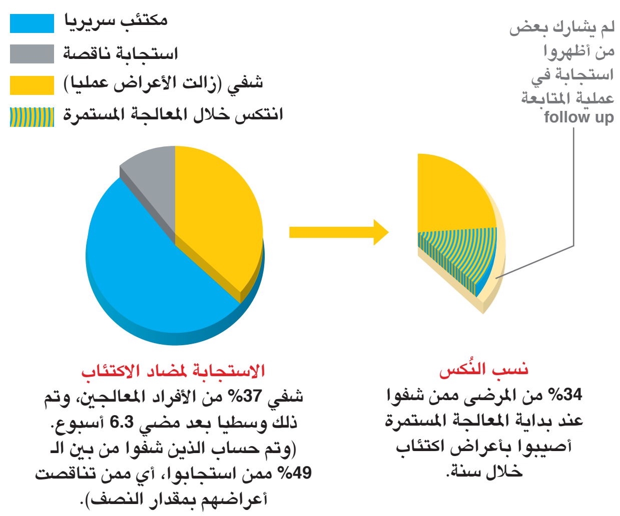
الفجوة الكبرى(**)

تؤكد بيانات data مأخوذة من الاختبار Satr*D الذي شمل مراقبة مفعول العلاج الدوائي في ثلاثة آلاف مريض، الحاجة الماسة إلى مضاد اكتئاب أفضل. وبينت النتائج المنشورة في عام 2006، أنه على الرغم من مفعول الأدوية المفيد لدى العديد من البشر إلا أن جزءا كبيرا من المرضى لا يستجيب بشكل كامل للدواء أو ينتكس بعد مضي فترة من الزمن. كما أن الأدوية تحتاج إلى عدة أسابيع كي تصل إلى ذروة فاعليتها.

كان الاختبار معقدا، ويتمثل جوهره في إعطاء المرضى دواء السيتالوبرام (سليكسا Celexa) وهو مثبط لإعادة امتصاص السيروتونين، وهي فئة الأدوية الأكثر استخداما حاليا. وتم توفير علاجات بديلة لأولئك الذين لم يفدهم الدواء عموما، وتمثل ذلك في تعديل الجرعات وصولا إلى ثلاث مرات كحد أقصى. وتمت متابعة المرضى الذين استفادوا من العلاج لمدة سنة مع إبقاء المعالجة المستمرة.

وتبين البيانات في الأسفل نتائج المرحلة الأولى من الاختبار العلاجي باستخدام سيتالوبرام. عموما شُفيَ 67% من المرضى الذين مروا عبر جميع مراحل الاختبار (على الأقل مرة واحدة). إلا أنه لوحظ أن نسبة المرضى الذين استفادوا تناقصت في كل مرحلة لاحقة، وازداد احتمال النكس.

الحالة الأفضل: نتائج المرحلة الأولى من العلاج باستخدام دواء Star*D.

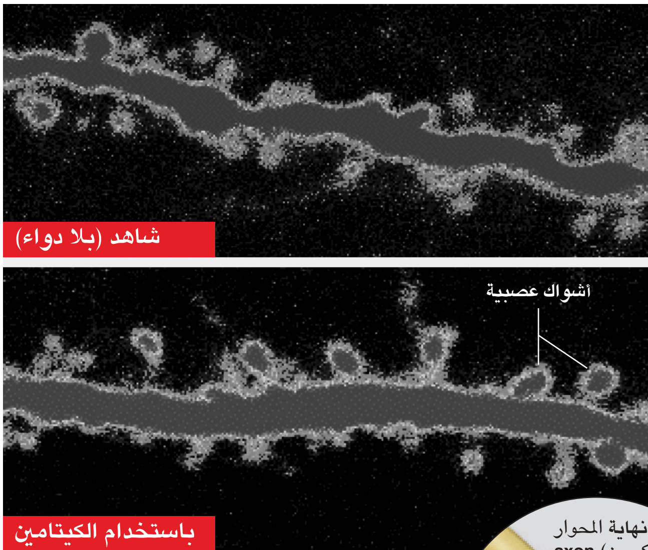


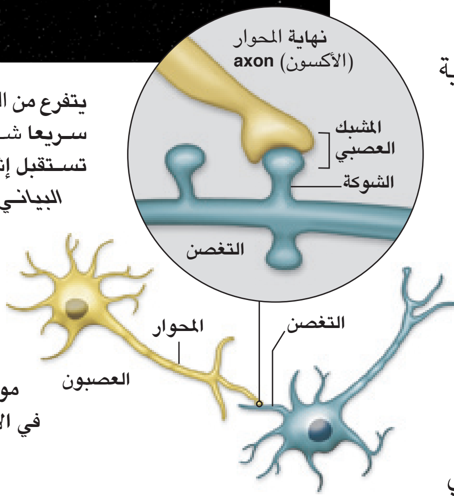
(*) A SOLUTION FOR THE REST
(**) A Huge Gap

باستخدام آلية عمل غير مرتبطة بالتأثير في السيروتونين والنورإبينفرين سيعمل **ضاد** antagonist للمستقبِل النيكوتيني من الشركتين تارگاسپيت على مساعدة مرضى الاكتئاب ممن فشلت الأدوية المتوفرة حاليا في السوق على شفائهم. وهناك طريقة أخرى لاستهداف حالة عدم التجاوب عند المرضى، ويتم ذلك من خلال اللجوء إلى أسلوب أكثر تطرفا – أي عبر التأثير في فعاليات حيوية مختلفة عن تلك التي تستهدف انتقال الإشارة عبر هذا المستقبل وذاك. إن الفعالية المقصودة هنا هي **التشكل العصبي** neurogenesis (أي نمو عصبونات جديدة) وبشكل خاص في الحُصين، والتي هي بنية صغيرة في قاعدة الدماغ يُعتقد أنها إحدى منطقتين في دماغ الإنسان البالغ، حيث يحدث التشكل العصبي.

منذ زمن بعيد جرى الربط بين تغيرات في بنية الحصين وظاهرة الاكتئاب. إذ تبين من خلال تشريح أدمغة أفراد توفوا مصابين بالاكتئاب وجود ضمور ظاهر في هذه المنطقة ترافق مع تناقص ملحوظ في الحجم. فالأدوية التابعة للفئتين SSRI وSNRI المستخدمة حاليا في معالجة الاكتئاب لا تعمل فقط على تغيير مستويات السيروتونين فحسب بل تعمل أيضا على زيادة نمو الخلايا في الحصين. ويحدث هذا النمو ببطء، وهذا يفسر غالبا سبب بطء التأثير المفيد لهذه الحبوب. ويأمل علماء في شركة صيدلانية صغيرة تسمى نيورال ستم في روكفيل بالولايات المتحدة الأمريكية، بأنهم قد وجدوا طريقة مختلفة لتحريض التشكل العصبي والمحافظة عليه حتى بعد إيقاف استخدام الدواء.

وقد اعتمد الباحثون في الشركة نيورال ستم للحصول على هذا التحريض على مزارع مكونة من **الخلايا الجذعية العصبية**(1) المشتقة من خلايا الحصين البشرية. ووفقا لهذه الشركة تعد هذه المزارع فريدة من نوعها في العالم. وفي البداية جرى اختبار عشرة آلاف مركب لدراسة مفعولها على خلايا الحصين المزروعة. ويقول مدير الباحثين <C. جوهي>: «إن الهدف من هذا هو إيجاد مركبات تُسرِّع من تكاثر الخلايا بعد مضي سبعة أيام». وقد نجح أقل من مئتي مركب في إنجاز ذلك. وتم اختيار نحو اثنتي عشرة مادة مرشحة بحسب فريق نيورال ستم لتحريض التشكل العصبي للحصين. وفي عام 2004 بدأ العاملون بإجراء الاختبارات من خلال حقن المحضرات في فئران سوية. وتم إعطاء المركبات التي تفوقت في تحريض نمو خلايا حُصينية جديدة لفئران ذات سلوك اكتئابي بحيث تم إيجاد الوصفة الواعدة أكثر من غيرها.



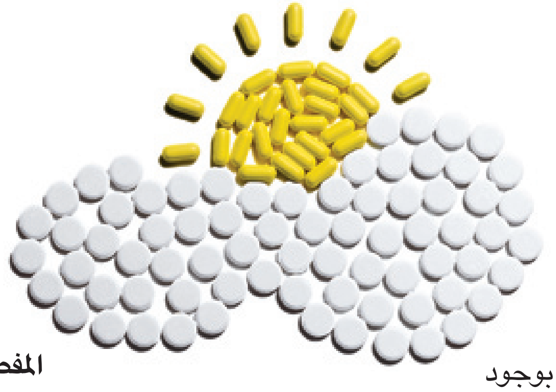


يتفرع من التغصن dendrite في العصبونات neurons سريعا شوكة spine جديدة (في الأعلى) وهي بُنى تستقبل إشارات من الأعصاب الأخرى – (المخطط البياني) في الجرذان التي أعطيت الكيتامين. وتفسر هذه الاستجابة تحسن مزاج أفراد مكتئبين بفعل هذه المادة بعد مضي ساعات فقط على تعاطيها. غير أن الكيتامين أخطر من أن يُستعمَل روتينيا، ويبحث العلماء حاليا عن مواد أكثر سلامة ذات مفعول سريع مشابه في الأشواك العصبية.

تجري الشركة نيورال ستم حاليا اختبارات السلامة البدئية (اختبارات الطور الأول) لدواء على شكل قرص يسمى NSI-189 في البشر. وفي حال تم كل شيء كما هو مخطط له، يتوقع موظفو الشركة نيورال ستم البدء باختبارات الفعالية في نهاية عام 2012. وستعتمد هذه الدراسات على استخدام **التصوير بالرنين المغنطيسي** MRI لتحديد فيما إذا كان الدواء يزيد فعلا من التشكل العصبي. وستستخدم وسائل قياس أخرى لتحديد فيما إذا كان هذا الدواء يخفف من آثار الاكتئاب. إلا أنه حتى ولو نجح الدواء NSI-189 فلن يكون مفعوله سريعا؛ لأن هذا الدواء ليس مثل دواء الصرع الذي يعطى لإيقافه فورا. يقول <جوهي>: «هذا العلاج يتطلب تغيرات في الخلية على «**المستوى الجيني**(2)» فضمور الحصين يستغرق سنوات، ويضيف <جوهي>: «سيستغرق أيضا عكس هذه العملية فترة طويلة من الزمن،» إلا أنه يأمل بأن يكون المفعول ذا أثر مستديم بحيث لا يحتاج المريض

(1) neural stem cells
(2) the genetic level

إلى الدواء NSI-189 إلا في فترات متقطعة، ويقول <جوهي> إنه لابد من التحقق من ذلك، إلا أن هذا «يمثل إمكانية مثيرة.»



الغوص في العمق(*)

حديثا، توصل الباحثون إلى قناعة بوجود علاقة بين الالتهاب المزمن - الذي جرى ربطه بأمراض مختلفة كالسرطان وتصلب الشرايين والسكري - والاكتئاب، وهذا مهد لطريق جديد مغاير لمعالجة الاكتئاب.

فقد بينت عدة خطوط بحثية وجود علاقة بين الاكتئاب وحالة الالتهاب الذي يمثل عادة استجابة الجسد تجاه ما يفترضه كجسم غريب غازٍ. وأظهرت بعض الدراسات وجود مستويات عالية من بروتينات صغيرة تسمى **سيتوكينات** cytokines مسؤولة عن إدارة العمليات الالتهابية وذلك في دم مرضى الاكتئاب، وتسمى هذه السيتوكينات بأسماء مثل **الإنترلوكين-6** interleukin-6 و**عامل النخر السرطاني** TNF-alpha. ومنذ عقد من الزمن، لاحظ العلماء أن إعطاء مرضى سرطان الجلد سيتوكينات التهابية كعلاج يؤدي بهم إلى الاكتئاب.

ويقول <A. ميلر> [مدير الطب النفسي السرطاني في معهد Winship للسرطان التابع لجامعة إيموري Emory]: «أجريت مقابلة مع مريض من هؤلاء المرضى بالسرطان مبكرا، وقد صدمت بمدى تشابه الاكتئاب لديه مع ما لاحظته في عيادتي كطبيب نفسي.»

تمتاز السيتوكينات عن غيرها من المواد بقدرتها على التأثير في تشكيل الأعصاب الناجم عن أدوية المثبطة SSRI و SNRI. يقول <ميلر>: «في حال إيقاف عملية التشكل العصبي يتم إلى حد كبير إزالة القاعدة التي يستند إليها عمل مضادات الاكتئاب.» يوضح هذا الأثر صعوبة علاج مرضى الاكتئاب الذين لديهم سويات مرتفعة من الالتهاب المزمن. نشرت مجموعة من الباحثين في مجلة لانسيت Lancet ما لاحظوه أن الدواء إيتانيرسيبت etanercept، الذي يتم اختباره في علاج **الصداف** psoriasis لدى 618 فردا، عمل على إزالة الاكتئاب في العديد من الحالات، بما في ذلك تلك التي لم يفد فيها الدواء في تحسين حالة الصداف. ويبدو أن هذا المفعول ناجم عن تحييد السيتوكين الالتهابي: TNF-alpha. ويقول أحد أعضاء الفريق وهو <R. كريشنان> [من جامعة ديوك Duke]: «في الوقت الحالي ليس هناك من مبرر للإسراع إلى الطبيب وطلب هذا الدواء لمعالجة الاكتئاب» ملاحظا أن هذه النتائج لم يتم التحقق منها «إلا أن الجانب العلمي شديد الإثارة.»

كان <ميلر> متحمسا أيضا للجانب العلمي واتصل بـ<كريشنان> لمناقشة اختبار ضاد للسيتوكينات خاص بالاكتئاب هو **الريميكاد** remicade، وهو مضاد التهاب متوفر حاليا في السوق لمعالجة **التهاب المفصل الرثياني** rheumatoid arthritis وأمراض مناعية ذاتية أخرى. وكان لابد من الانتظار أكثر من خمس سنوات حتى توفر التمويل لـ<ميلر> وزميله <Ch. رايسون> [من جامعة إيموري] من خلال منحة مقدمة من الـ(NIMH) لإتمام الدراسة. أتم الباحثون اختبار الريميكاد لدى ستين مريض اكتئاب مقاومين للمعالجة، وهم يصرحون بأن هناك نتائج واعدة ستجد طريقها إلى النشر قريبا.

وهناك من الباحثين من يلقي نظرة أخرى على السيروتونين آملا بتحفيز فعالية هذا الدواء بطريقة جديدة، وذلك من خلال زيادة عدد مستقبلات السيروتونين المتوفرة والتي تستجيب للنواقل العصبية في **المشابك العصبية** synapses. وبعضهم يسعى في طريق أكثر تطرفا إلى إحداث هذه الزيادة من خلال **المعالجة الجينية** gene therapy.

إن ذِكْرَ مصطلح المعالجة الجينية أمام علماء الحياة يجعلهم يتشككون في جدوى هذه المحاولة. إلا أن بعض العلماء تمكن حديثا من تسجيل نجاح بدئي في المعالجة الجينية لخلل دماغي هو مرض باركنسون. وهناك باحث في مرض باركنسون يَوَدُّ إجراء محاولة شبيهة لتلك في نطاق معالجة الاكتئاب.

والجين المرشح لمعالجة الاكتئاب هو p11 وهو **يكوِّد** codes لبروتين ضروري مهمته نقل بعض مستقبلات السيروتونين إلى سطح الخلية. وفي حال غياب هذا الجين، تبقى المستقبلات محتجزة داخل الخلية، مما يضعف من قدرة الخلايا على الاستجابة لرسائل السيروتونين. وفي عام 2006 بيّن <P. گرينگارد> وزملاؤه [في جامعة روكفلر Rockefeller] أن قوارض ذات سلوك يشبه سلوك المصابين بالاكتئاب (كتجنب النشاطات الممتعة) لديها مستويات متدنية من الجين p11. والملاحظ أن هذه المستويات متدنية أيضا في عينات تشريحية لدى البشر المصابين بالاكتئاب.

وقد تبين عند **فئران مضروبة جينيا ضربة قاضية** Knockout mice (جينها P11 المخرب) تم تطويرها في مختبر گرينگارد، أنها تسلك سلوكا يشبه سلوك المصابين بالاكتئاب. وتمثلت الخطوة التالية الضرورية في ملاحظة تأثير إدخال جين P11 فعّال في أعراض اكتئاب هذه

(*) DIGGING DEEPER

التتمة في الصفحة 73

هل الكون المتعدد موجود حقا؟(*)

مازال البرهان على وجود أكوان متوازية مختلفة جذريا عن كوننا مسألة تقع خارج مجال العلم.

<G. F. R. إليس>

في العقد الماضي، أسر ادعاء غريب ألباب الكوسمولوجيين: إن الكون المتمدد الذي نراه حولنا ليس الوحيد، وإن بلايين أخرى من الأكوان موجودة هي أيضا. لا يوجد كون وحيد بل كون متعدد. وفي مقالات نشرتها مجلة ساينتفيك أمريكان، وكتبٌ مثل آخر كتاب ألّفه <B. گرين> بعنوان «**الحقيقة الخفية**(1)»، تحدث علماء كبار عن ثورة تفوق **ثورة كوپرنيك**(2). إن كوكبنا من وجهة النظر هذه ليس مجرد واحد من بين كثير من الكواكب فحسب بل إن الكون كله شيء تافه في المقياس الكوني للأشياء، فهو ليس سوى واحد فقط من عدد لا يحصى من الأكوان، لكل منها سماته التي تميزه من غيره.

لكلمة **الكون المتعدد** multiverse معان مختلفة. ففي استطاعة الفلكيين رؤية أشياء تبعد عنهم قرابة 42 بليون سنة ضوئية وهي أفق رؤيتهم الكوسمولوجية، ولكن ما من سبب يدعو إلى الظن بأن الكون يتوقف عندها. فقد يوجد بعد هذه المسافة كثير – بل عدد غير منته – من المناطق الشبيهة بالمنطقة التي نراها. ومع أن لكل منها توزعا ابتدائيا للمادة يميزها من غيرها، فإن القوانين الفيزيائية التي تحكمها واحدة. هذا وإن جميع الكوسمولوجيين تقريبا (وأنا منهم) يقبلون بهذا النمط من الكون المتعدد الذي يصفه <M. تكمارك> بأنه من **المستوى 1**(3). بيد أن بعضهم يذهب إلى أبعد من ذلك، إذ يقترح أنواعا مغايرة تماما من الأكوان تحكمها قوانين فيزيائية مختلفة، ولها تواريخ مختلفة وربما لكل منها أبعاد مكانية مختلفة. ومع أن معظمها لا حياة فيه، فقد يضج بعضها الآخر بالحياة. ومن الدعاة الرئيسيين **للمستوى 2**(4) للكون المتعدد <A. فيلنكن>، الذي يرسم صورة مثيرة لمجموعة غير منتهية من الأكوان مع عدد غير منته من المجرات وعدد غير منته من الكواكب وعدد غير منته من الناس الذين ينتمي إليهم قارئ/ قارئة هذه المجلة.

لقد قدمت ادعاءات مشابهة منذ العصور القديمة من قبل ثقافات كثيرة. ولكن الجديد هو التأكيد أن الكون المتعدد نظرية علمية، مع كل ما يقتضيه ذلك من كونها دقيقة **رياضياتيا**(5) وقابلة للاختبار **تجريبيا**(6). إنني متشكك في هذا الزعم، ولا أعتقد أنه تم إثبات وجود تلك الأكوان الأخرى أو أنه قد يحصل يوما ما. إلا أنه بقدر ما يقوم مؤيدو الكون المتعدد بتوسيع مفاهيمنا للحقيقة الفيزيائية، فإنهم يعيدون ضمنا تعريف ما يعنيه «العِلم».

فوق الأفق(**)

يقدم المنتمون إلى هذا المفهوم الواسع للكون المتعدد اقتراحات متنوعة تتعلق بالكيفية التي قد تكون تكاثرت بها هذه الأكوان وبالأمكنة التي قد تشغلها. قد تكون موجودة في بقاع من الفضاء بعيدة جدا عن موقعنا، وهذا ما توصل إليه **نموذج التضخم الشواشي** chaotic inflation model الذي أنجزه

(*) DOES THE MULTIVERSE REALLY EXIST?
(**) OVER THE HORIZON
(1) The Hidden Reality
(2) copernican revolution
(3) level 1
(4) level 2
(5) mathematically
(6) experimentally

باختصار

في تسعينات القرن المنصرم، قفزت فكرة الأكوان المتوازية من قصص الخيال العلمي إلى المجلات العلمية. فكثير من العلماء يدعي أن ثمة ملايين من أكوان أخرى، لكل منها قوانينه الفيزيائية الخاصة به، وتقع هذه الأكوان وراء أفق رؤيتنا وتعرف باسم **الكون المتعدد** multiverse.

وتكمن المشكلة في عدم قدرة أي من الأرصاد الممكنة على رؤية تلك الأكوان الأخرى، والحجج على وجودها غير مباشرة في أفضل الأحوال. وحتى لو كان الكون المتعدد موجودا، فإنه لن يفسر الأسرار العميقة للطبيعة.





المؤلف

George F.R. Ellis

<إليس> كوسمولوجي وأستاذ متميز emeritus للرياضيات في جامعة كيب تاون بجنوب إفريقيا. وهو أحد الخبراء العالميين الرواد في نظرية النسبية العامة لآينشتاين، وقد ألف مع <S. هوكينك> الكتاب الخصب بعنوان The Large Scale Structure of Space-Time [من منشورات مطبعة جامعة كيمبردج عام 1975].

<A. H. كــوت> و<A. لند> وآخــرون [انظر: «الكون التضخمي المتجــدد ذاتيا»، العلوم، العددان 9/8(1995)، صفحة 24]. قد تكون نشأت في عصور مختلفة من الزمن، وهذا ما نصَّ عليه **نموذج الكون الدوري**[1] الــذي اقترحــه <J. P. ستاينهــارت> و<N. توروك>[2]. وقــد تكــون في فضــائنــا نفســه، ولكــن في فــرع مختــلــف مــن **دالة الموجة الكمومية** quantum wave function، وهذا ما دافــع عنـــه <D. دوتش> [انظر: «الفيزياء الكمومية للســفر في الزمن»، العلوم، العددان 12/11(1996)، صفحة 42]. وربّما لا يكون لها موقع لكونها منفصلة كليا عن **زمكاننا**[3]، وهذا ما اقترحه <تكمارك> و <D. سكياما> [انظر: «أكوان متكافئة»، العلوم، العددان 12/11(2003)، صفحة 4].

إن أكثــر الخيارات قبولا على نطاق واســع هو نموذج التضخم الشواشي، لذا سأركز عليه. ومع ذلك، فإن أغلب ملاحظاتــي تنطبــق كذلك على جميع الخيــارات الأخرى. الفكــرة هي أن الفضاء بمعناه الواســع، هــو خلاء يتمدد إلى الأبد، ويرافق هذا التمدد آثار كمومية تولد باســتمرار أكوانــاً جديــدة كالطفل الــذي يذر فقاقيــع الصابون في الهــواء. يعود مفهــوم التضخم إلــى الثمانينات من القرن العشــرين، وقد درســه الفيزيائيون بالتفصيــل، معتمدين على أشــمل نظرياتهم في الطبيعة: **نظرية الأوتار**[4] string theory. تســمح نظرية الأوتار بأن تبــدو الفقاقيع مختلفة

(١) cyclic universe model

(٢) انظر: "The Myth of the Beginning of Time" by Gabriele Veneziano; Scientific American, May 2004

(٣) spacetime = زمكان، وهذه نحت من زمن-مكان.

(٤) انظر: «*الكون الذكي*»، العلوم، العددان 8/7 (2007)، ص 74: كتابان جديدان يقولان إن الوقت قد حان لإسقاط نظرية الأوتار!
وانظـر أيضـا: «*نظرية كل شيء اللامدركة*»، العددان 2/1 (2011)، ص 36.
(التحرير)

أخطار الاستقراء الخارجي

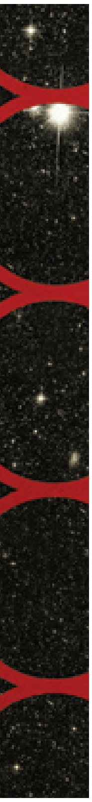
ما الذي يوجد وراء أفق رؤيتنا؟(*)

حين يحدق الفلكيون في الكون، فإن مدى رؤيتهم تمتد مسافة 42 بليون سنة ضوئية تقريبا، وهو مدى أفق رؤيتنا الذي يمثل المسافة التي قطعها الضوء منذ الانفجار الأعظم (ويمثل أيضا مقدار تمدد حجم الكون منذ حدوث هذا الانفجار). وبافتراض أن الفضاء لا يتوقف عند هذا الحد، وأنه قد يكون لامتناهيا في الكبر، يطرح الكوسمولوجيون تخمينات علمية لما قد تكون عليه بقية الفضاء.

كون متعدد من المستوى 1: معقول لأول وهلة. إن أقرب فرضية تخطر بالبال هي أن حجم فضائنا يمثل عينة من الكون كلّه. والكائنات الغريبة «عنا والبعيدة» ترى حجوما مختلفة، لكنها جميعا تبدو أساسا متشابهة، ماعدا تغيرات عشوائية في توزع المادة. وهذه المناطق جميعها، المرئية منها وغير المرئية، تكوّن نمطا أساسيا لكون متعدد.

كون متعدد من المستوى 2: مشكوك فيه. يذهب كثير من الكوسمولوجيين شوطا أبعد إذ يتصورون أن الأشياء البعيدة جدا عنا تظهر بمظهر مختلف تماما عما نراه. وربما يكون جوارنا environs إحدى فقاقيع عديدة عائمة في خلفية خاوية. وتختلف القوانين الفيزيائية من فقاعة إلى أخرى، وهذا يؤدي إلى تنوع من النتائج يكاد لا يمكن إدراكه. وقد تكون الفقاقيع الأخرى مستحيلة الرصد، ولو من حيث المبدأ. إن كاتب هذه المقالة، وغيره من المتشككين، يشعرون بالريبة حيال هذا النمط من الكون المتعدد.





جدا بعضها عن بعض. وفي الحقيقة، لا تبدأ كل منها حياتها بتوزع عشوائي للمادة فحسب، بل أيضا بأنواع عشوائية من المادة. يحتوي عالمنا على جسيمات مثل الإلكترونات و**الكواركات**(١) تتفاعل فيما بينها بتأثير قوى مثل القوة الكهرطيسية؛ أما الأكوان الأخرى، فقد تكون لها أنواع مختلفة من الجسيمات والقوى – أي التي تحكمها قوانين فيزيائية محلية مغايرة. وتعرف المجموعة الكاملة من القوانين المحلية باسم **المشهد الطبيعي** landscape. وهو مشهد ضخم في بعض توصيفات نظرية الأوتار، يضمن وجود قدر هائل من الأكوان المتنوعة.

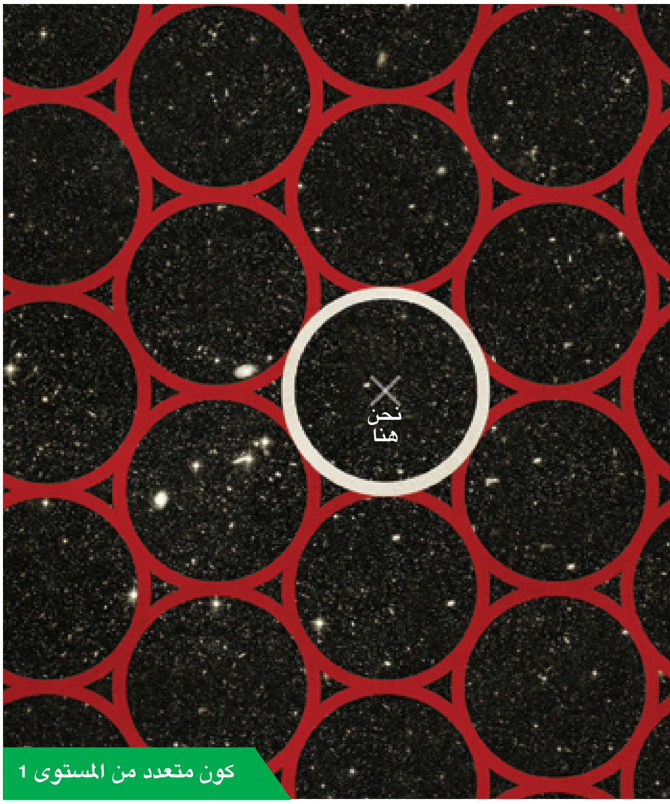
كثير من الفيزيائيين الذين يتحدثون عن الكون المتعدد، وبخاصة المدافعين عن مشهد الأوتار، لا يهتمون **بالأكوان المتوازية**(٢) في حد ذاتها؛ فالاعتراضات على الكون المتعدد كمفهوم أمر غير ذي بال بالنسبة إليهم. فنظرياتهم تحيا أو تموت بناء على اتساقها الداخلي وعلى التجارب المختبرية المأمولة؛ وهم يقبلون بوجود كون متعدد كإطار في نظرياتهم غير مهتمين بكيفية نشوئه – لأن هذا الموضوع يعني الكوسمولوجيين.

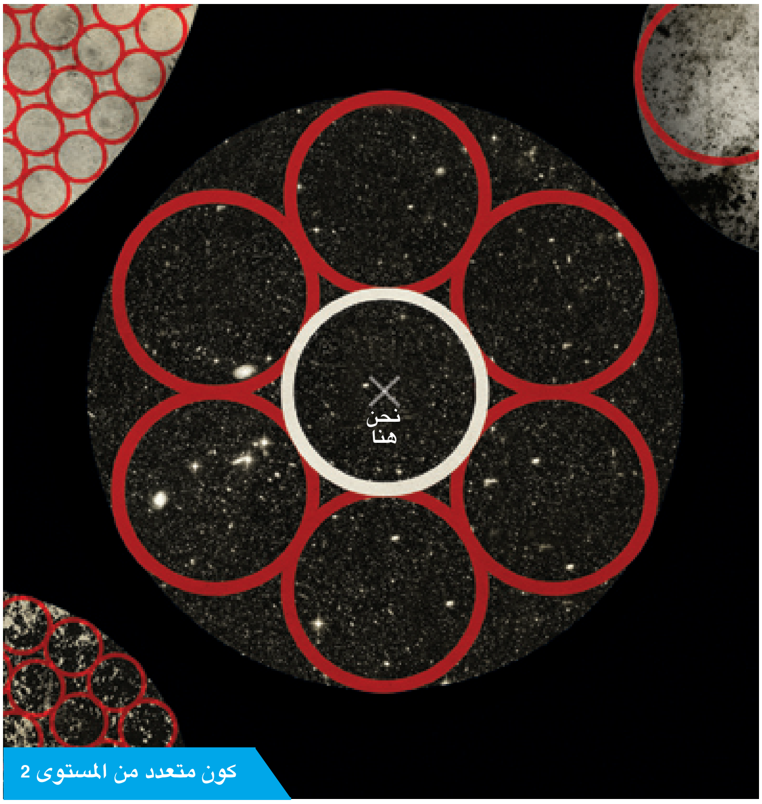
فالمسألة الأساسية في جميع فرضيات الكون المتعدد بالنسبة إلى الكوسمولوجيين هي وجود **أفق مرئي كوني**(٣). إن الأفق هو الحد الذي لا نستطيع الرؤية بعده، لأن الإشارات التي تأتينا من بداية الكون بسرعة الضوء (**المنتهية**)(٤) لم يتوفر لها الوقت الكافي لتصل إلينا من مصادرها الأبعد عنا. وتقع جميع الأكوان المتوازية خارج أفقنا وتظل خارج مجال رؤيتنا، بصرف النظر عن التطورات التقانية. وفي الواقع، فإن هذه الأكوان بعيدة إلى حد يستحيل معه أن يكون لها أي تأثير في كوننا. ولهذا لا يمكن إثبات صحة أي من دعاوى المتحمسين للكون المتعدد مباشرة.

ويخبرنا هؤلاء المؤيدون أنه بإمكاننا التحدث بخطوط عريضة عما يحدث على مسافة أكبر من أفقنا الكوني بـ 1000 مرة و 10^{100} مرة و $10^{1.000.000}$ مرة، **لانهاية** infinity – انطلاقا من بيانات نحصل عليها ضمن الأفق. إنه **استقراء خارجي** extrapolation غريب النوع. فقد ينغلق الكون على مقياس كبير جدا، وعندئذ لا وجود هناك للانهاية. وربما تنتهي كل المادة الكونية في مكان ما، وعندئذ يوجد فضاء خال وإلى الأبد بعد ذلك المكان. وربما يبلغ المكان والزمان نهايتيهما في منطقة **تفرُّد**(٥) singularity تحد الكون. ونحن لا نعلم ببساطة ما يحدث في الواقع لأننا لا نمتلك معلومات عن تلك المناطق ولن نمتلكها أبدا.

(*) What Lies Beyond?
(١) quarks
(٢) parallel universes
(٣) cosmic visual horizon
(٤) finite
(٥) أو: شذوذ.

(التحرير)





سبع حجج مدعاة للتساؤل[*]

معظم مؤيدي نظرية الكون المتعدد علماء متبصرون يعرفون تماما هذه المشكلة، بيد أنهم يظنون أنه مازال بمقدورنا تقديم تخمينات علمية رصينة عما يجري هناك. ويمكن تقسيم حججهم إلى سبعة أنماط واسعة يعاني كل منها علة ما.

لا وجود لنهاية الكون. قلّ من يجادل في أن الفضاء يمتد إلى خارج أفقنا الكوني، وأن ثمة مناطق كثيرة أخرى تقع خارج حدود رؤيتنا. فإذا وجد هذا النمط المحدود للكون المتعدد، فبمقدورنا أن **نستقرئ خارجيا**[١] ما نراه لنرى بقاعا خارج الأفق، مع **ارتياب**[٢] متزايد فيما يتعلق بالبقاع التي تقع على مسافات أبعد. وعندئذ يصبح من السهل تخيل أنماط أكثر تفصيلا للتغير في تلك البقاع، بما في ذلك الفيزياء البديلة التي تحكم البقاع التي لا يمكننا رؤيتها. ولكن العلة في هذا النمط من الاستقراء الخارجي، من المعلوم إلى المجهول، هي أنه ما من أحد يمكنه إثبات أنك على خطأ. فكيف يمكن للعلماء أن يقرروا أن صورة بقعة لا يمكن رصدها من الزمكان هي استقراء خارجي مقبول أو غير مقبول لما نراه؟ هل يمكن أن تكون لأكوان أخرى توزعات ابتدائية مختلفة للمادة، أو هل يمكن أن تكون لها أيضا قيم مختلفة للثوابت الفيزيائية الأساسية كتلك التي تحدد شروط القوى النووية؟ يمكنك القبول بأي منهما بناء على ما تفترضه.

تتنبأ الفيزياء المعروفة ببقاع أخرى. تتنبأ النظريات الموحدة المقترحة بكيانات مثل **الحقول السُّلمية** scalar fields، وهي حقول مفترضة شبيهة بالحقول الأخرى التي تملأ الفضاء كالحقل المغنطيسي. يقع على مثل هذه الحقول إحداث التضخم الكوني وتوليد أكوان **لا حصر لها** ad infinitum. تقوم هذه النظريات على أساس جيد نظريا، ولكن طبيعة الحقول المفترضة مجهولة، ولم يكن بمقدور التجريبيين حتى الآن إثبات وجودها، ناهيك عن قياس خواصها المفترضة. والأهم لم يثبت الفيزيائيون أنه يمكن **لديناميك** dynamics هذه الحقول أن يولد قوانين فيزيائية مختلفة لتعمل في عالم فقاقيع مختلف.

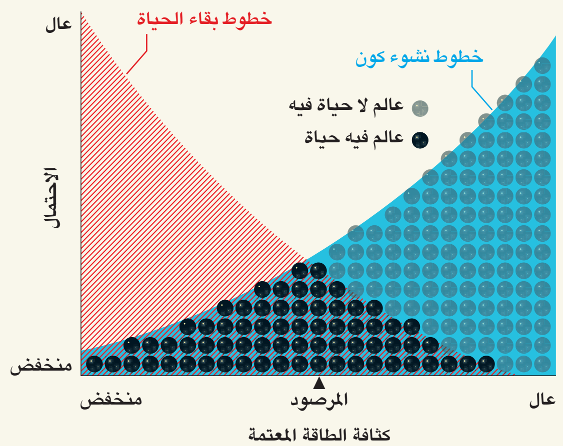
إن النظرية التي تتنبأ بعدد غير منته من الأكوان تجتاز اختبارا رصديا أساسيا. يُظهر **إشعاع الخلفية الكونية الميكروي الموجة**[٣] كيف كان يبدو الكون في نهاية حقبة تمدده المبكرة الحارة. وتوحي الأنماط فيه أن كوننا مَرّ فعلا بمرحلة تضخم. ولكن لا تستمر جميع أنماط التضخم إلى الأبد، لتولد عددا غير منته من **أكوان الفقاقيع**[٤]. هذا ولا تميز الأرصاد نمط التضخم المطلوب من بين أنماط أخرى.

(*) SEVEN QUESTIONABLE ARGUMENTS
(١) extrapolate
(٢) uncertainty
(٣) the cosmic microwave background radiation
(٤) bubble universes

طاقة معتمة والكون المتعدد

هل القفاز مناسب؟[*]

غالبا ما يذكر مؤيدو كون متعدد، كدليل على وجوده كثافة الطاقة المعتمة التي تهيمن على كوننا. وتزود سيرورة التضخم الأبدية كل كون في كون متعدد بكثافة عشوائية للطاقة المعتمة. وثمة عدد صغير نسبيا من الأكوان قيمة كثافة الطاقة المعتمة فيها منخفضة وقد تصل إلى الصفر؛ لكنها تأخذ قيما أعلى في معظم الأكوان (المنطقة الزرقاء). بيد أن توفر قدر كبير جدا من الطاقة المعتمة يمزق البنى المعقدة اللازمة لاستدامة الحياة (المنطقة الحمراء). لذا يتعين على معظم الأكوان الصالحة لوجود حياة عليها أن تنعم بكثافة معتدلة للطاقة المعتمة (ذروة المنطقة المتداخلة الألوان) - يا للغرابة! وكوننا واحد منها. ومع ذلك، فإن المتشككين في وجود كون متعدد يقولون إن هذه محاكمة دائرية، لا تصح إلا إذا افترضنا منذ البداية وجود كون متعدد. إنه اختبار للاتساق المنطقي وليس برهانا.



حتى إن بعض الكوسمولوجيين، مثل <ستاينهارت> يحاجون في أن التضخم الأبدي ربما أدى إلى أنماط لإشعاع الخلفية مختلفة عما نراه[1]. ولكن <لند> وآخرين لا يوافقون على هذا الرأي. ترى من هو الذي على حق؟ هذا يتوقف على ما تفترضه فيما يتعلق بفيزياء الحقل التضخمي.

الثوابت الأساسية منسجمة جيدا مع الحياة. ثمة حقيقة لافتة للنظر تتعلق بكوننا، مفادها أن للثوابت الفيزيائية القيم المطلوبة بالضبط لملاءمة البنى المعقدة، بما في ذلك الكائنات الحية. ويرى <S. واينبرگ> و<M. ريز> و<L. سسكند> وآخرون في وجود هذه **الأكوان المتعددة الغريبة**[2] تفسيرا أنيقا لهذا التطابق الظاهر. فلو تحققت جميع القيم الممكنة في مجموعة كبيرة بما فيه الكفاية من الأكوان، فلابد عندئذ أن يتحقق في مكان من بينها ما هو صالح للحياة فيه. وقد طبق هذا النوع من المحاكمة، بوجه خاص، على تفسير كثافة الطاقة المعتمة التي تُسرّع تمدد الكون في أيامنا. وإني أتفق مع فكرة أن الكون المتعدد تفسير سليم ممكن لقيمة هذه الكثافة؛ وقد يكون الخيار الوحيد المستند إلى أساس علمي المتوفر لدينا حاليا. ولكن لا أمل لنا في اختباره عن طريق الرصد. أضف إلى ذلك أن معظم التحليلات لهذا الموضوع تفترض أن المعادلات الأساسية في الفيزياء هي نفسها في كل مكان، ولا يتغير فيها سوى الثوابت - لكن إذا اتخذنا موقفا جديا من الكون المتعدد، فلا يتطلب الأمر أن يكون كذلك[3].

الثوابت الأساسية تلائم تنبؤات الكون المتعدد. وهذه الحجة تصقل سابقتها، إذ تفترض أن الكون ليس أكثر ملاءمة للحياة مما يجب أن يكون عليه بدقة. لقد قيّم المؤيدون احتمالات قيم مختلفة لكثافة الطاقة المعتمة. كلما ازدادت قيمتها ازداد احتمالها، وكلما ازدادت في الوقت نفسه عدائية الكون للحياة فيه. يجب أن تقع القيمة التي نرصدها تماما على الخط الفاصل بين قابلية العيش وعدم قابليته، وتبدو أنها كذلك فعلا [انظر الشكل في هذه الصفحة]. يقع الحرج في هذه الحجة في عدم قدرتنا على تطبيق حجة احتمالية إذا لم يكن هناك كون متعدد لتطبيق مفهوم الاحتمال عليه. لذا فإن الحجة تقبل بالنتيجة المرغوب فيها قبل أن تبدأ؛ وهي ببساطة، غير قابلة للتطبيق إذا كان ثمة كون واحد موجود ماديا. والاحتمال اختبار لاتساق فرضية الكون المتعدد، وليس إثباتا لوجوده.

تتنبأ نظرية الأوتار بمجموعة متنوعة من الأكوان. لقد تحولت نظرية الأوتار من كونها نظرية تفسر كل شيء إلى نظرية تجعل كل شيء تقريبا ممكنا. فهي تتنبأ في صيغتها الحالية بأن كثيرا من الخواص الأساسية لكوننا مصادفة صرفة. ولو كان الكون من نوع واحد، لاستحال تفسير تلك الخواص. كيف يمكننا مثلا أن نفهم حقيقة أن الفيزياء تنعم بالضبط بتلك الخواص البالغة التقييد التي تسمح للحياة بالوجود؟ ليس لتلك الخواص معنى إلا إذا كان الكون واحدا من عدة أكوان، لا يميزها شيء؛ إنها، ببساطة، تلك التي نشأت في منطقتنا من الفضاء. فلو كنا نعيش في مكان آخر، لرصدنا خواص مغايرة، لو استطعنا حقا أن نوجد هناك (فالحياة مستحيلة في معظم الأماكن). ولكن نظرية الأوتار ليست نظرية جربت أو اختبرت بل إنها **ليست نظرية كاملة**[4]. ولو كان لدينا برهان على أن نظرية الأوتار صحيحة، لأمكن أن تكون تنبؤاتها النظرية حجة مشروعة ومدعومة نظريا على وجود كون متعدد. ولكن ليس لدينا مثل هذا البرهان.

إن كل ما يمكن حدوثه فإنه يحدث. ما الذي يجعل

(*) Does the Glove Fit?

(١) انظر: "The Inflation Debate" by P.J. Steinhardt; Scientific American, April 2011

(٢) an exotic multiverse

(٣) انظر: "Looking for life in the Multiverse" by Alejandro Jenkins - Gilad Perez; Scientific American, January 2010

(٤) انظر حاشيتنا (٣) في الصفحة 67. (التحرير)

الطبيعة تخضع لبعض القوانين دون سواها؟ عند الإجابة عن هذا التساؤل، يرى بعض الفيزيائيين والفلاسفة أن الطبيعة لم تختر على الإطلاق، وأن جميع القوانين التي يمكن تصورها تطبق في مكان ما. وقد أوحى الميكانيك الكمومي بهذه الفكرة جزئيا، فهو ينص – حسب تعبير ‹M. كيلمان› الشهير – على أن **كل ما هو غير محظور هو إلزامي**(1). فالجزيء يسلك جميع المسارات التي يستطيع سلوكها، وما نراه هو **المتوسط المتوازن** weighted average لجميع هذه الإمكانات. وقد يصح هذا على الكون كله، مما يقتضي وجود كون متعدد. ولكن ليس لدى الفلكيين أدنى فرصة لرصد هذه الإمكانات المتعددة. وفي الواقع، إننا غير قادرين حتى على معرفة ما هي الإمكانات. ويمكننا أن نعطي معنى لهذا الاقتراح إن نحن قبلنا بوجود مبدأ منظم أو إطار لا يمكن التحقق منه، يحدد ما هو المسموح به وما هو المحظور – على غرار القول إن على جميع **البنى الرياضياتية**(2) الممكنة أن تتحقق في مجال فيزيائي ما (كما اقترح ‹تكمارك›). إلا أنه ليس لدينا أي فكرة عن أنواع الوجود التي يقتضيها هذا المبدأ، ماعدا أنها يجب أن تتضمن بالضرورة العالم الذي نراه من حولنا. ومن ثم فلا سبيل أمامنا للتثبت من وجود أو طبيعة مثل هذا المبدأ المنظم. إنه على نحو ما، اقتراح جذاب، ولكن تطبيقه المقترح على الواقع ليس سوى تخمين صرف.

غياب دليل(*)

مع أن الحجج النظرية غير كافية، فقد اقترح الكوسمولوجيون أيضا اختبارات **تجريبية** empirical متنوعة للأكوان المتوازية. وربما يحمل إشعاع الخلفية الكوني الميكروي الموجة بعض آثار أكوان فقاعية أخرى، وذلك، مثلا، فيما لو تصادم كوننا بفقاعة أخرى من النوع الذي يستلزمه سيناريو **التضخم الشواشي** chaotic inflation. وقد يحتوي أيضا إشعاع الخلفية على بقايا أكوان كانت موجودة قبل **الانفجار الأعظم** big bang في دورة لا نهاية لها من الأكوان. وهذه، في الحقيقة، وسائل قد توفر دليلا على أكوان أخرى. وقد ذهب بعض الكوسمولوجيين إلى الادعاء برؤية هذه البقايا. بيد أن الادعاءات الرصدية مجال خلاف شديد بينهم، ثم إن كثيرا من الأكوان الممكنة افتراضيا لن تقود إلى مثل هذه الأدلة. لذا فكل ما يمكن أن يختبره الراصد هو بعض الأصناف المعينة لنماذج الكون المتعدد بهذه الطريقة.

وثمة اختبار رصدي ثان هو البحث عن التغيرات في واحد أو أكثر من الثوابت الأساسية، التي ستعزز القبول **بالمقدمة** premise القائلة: إن القوانين الفيزيائية ليست مع كل ذلك عصية جدا على التغيير. يدعي بعض الفلكيين أنهم وجدوا هذه التغييرات [انظر: «ثوابت فيزيائية متغيرة»، **العلوم**، العدد 9 (2005)، صفحة 32]. ومع ذلك، فمعظم الباحثين يعد هذا الدليل مشكوكا فيه.

وثمة اختبار ثالث هو قياس هيئة الكون الرصود. هل هو كروي الشكل (تحدبه إيجابي) أو **زائدي** hyperbolic (تحدبه سلبي) أو «منبسط» (غير محدب). وبصورة عامة لا تتنبأ سيناريوهات الكون المتعدد بكروية الكون، لأن الكرة منغلقة على نفسها، وبالتالي فحجمها منته. ولسوء الحظ، فهذا الاختبار ليس دقيقا، فالكون الموجود وراء أفقنا قد يكون له شكل مختلف عن ذاك الموجود في الجزء المرصود؛ وأكثر من ذلك، لا تستثني جميع نظريات الكون المتعدد **هندسة كروية** spherical geometry.

وهناك اختبار أفضل هو طبولوجيا الكون: فهل يلتف الكون حول نفسه مثل **كعكة** doughnut أو مثل قطعة الحلوى الشهيرة pretzel على شكل عقدة؟ فإذا كان كذلك، فسيكون **حجمه منتهيا**، الذي قد يستبعد قَطْعا معظم نماذج التضخم، وبوجه خاص، سيناريوهات الكون المتعدد المبنية على التضخم الشواشي. قد يولد أشكالا تتكرر في السماء، مثل الدوائر العملاقة في إشعاع الخلفية الكوني الميكروي الموجة(3). وقد بحث الراصدون عنها ولكنهم فشلوا في العثور على أي من هذه الأشكال. لا يمكن اعتبار هذه النتيجة **اللاغية** null في مصلحة الكون المتعدد.

وأخيرا، قد يستطيع الفيزيائيون إثبات أو دحض بعض النظريات التي تتنبأ بوجود كون متعدد. وربما يعثرون على دليل رصدي يدحض النماذج الشواشية للتضخم، أو يكتشفون تناقضا رياضياتيا أو **تجريبيا** empirical يجبرهم على هجر سيناريو (مشهد) نظرية الأوتار، وسيقوض هذا السيناريو عندئذ أغلب الدوافع لدعم فكرة الكون المتعدد، مع أنه ربما لا يلغي هذا المفهوم برمته.

مجال واسع لقول الشيء وعكسه(**)

وبصورة عامة، يمكن القول، إن مسألة الكون المتعدد غير حاسمة. ويعود السبب الرئيسي في ذلك إلى المرونة القصوى في عرضها: فهي مفهوم أكثر من كونها نظرية معرفة جيدا. ويتضمن معظم ما يطرح خليطا من الأفكار المختلفة وليس كلاً متسقاً. فالآلية الأساسية للتضخيم الأبدي لا تجعل الفيزياء

(*) ABSENCE OF EVIDENCE
(**) TOO MUCH WIGGLE ROOM
(1) everything not forbidden is compulsory
(2) mathematical structures
(3) انظر: - "Is Space Finite?" by Jean-Pierre Luminet - Glenn D. Starkman - Jeffrey R. Weeks; Scientific American, April 1999

مختلفة في كل ساحة من كون متعدد؛ ولهذا فلا بد من أن تقرن بنظرية تأملية أخرى. ومع أنه يمكن الملاءمة بينهما، فلا وجود لشيء محتم في هذا الأمر.

إن مفتاح تبرير وجود كون متعدد هو الاستقراء الخارجي من المعلوم إلى المجهول، مما يمكن اختباره إلى ما يستحيل اختباره. وتتوقف الأجوبة على ما اخترنا استقراءه خارجيا. ولما كانت النظريات التي تتضمن كونا متعددا قادرة على تفسير كل شيء تقريبا، فإنه من الممكن لأي رصد أن يتواءم مع أحد أشكال نظرية كون متعدد. وفي الواقع، تقترح «البراهين» المتنوعة قبولَ التفسير النظري بدلا من الإصرار على الاختبار الرصدي. ولكن هذا الاختبار، كان ومازال، المتطلب المركزي للبحث العلمي، والتخلي عنه مجازفة كبرى. وإذا أضعفنا متطلبات البيانات الرصينة، فإننا نضعف السبب الجوهري لنجاح العلم طوال القرون الماضية.

والآن، صحيح أن قيمة التفسير الموحد والمرضي لمجال معين من الظواهر هي أهم بكثير من قيمة خليط من الحجج المنفصلة للظواهر نفسها. وإذا كان التفسير الموحد يفترض وجود كيانات لا يمكن رصدها، مثل الأكوان المتوازية، فقد نشعر بأننا مرغمون على قبول هذه الكيانات. بيد أن المشكلة الرئيسية هنا هي كم نحتاج من الكيانات التي لا يمكن التحقق من وجودها؟ وتحديدا، هل نضع فرضيات لكيانات أقل أو أكثر عددا من الظواهر التي سيجري تفسيرها؟ وفي حال الكون المتعدد، فإننا نفترض وجود عدد هائل – وربما عدد غير منته – من الكيانات التي لا يمكن رصدها لتفسير كون واحد فقط. وهو أمر أبعد ما يكون عن صرامة الفيلسوف الإنكليزي <W. أوف أوكهام> الذي عاش في القرن الرابع عشر: «يجب ألا تتضاعف الكيانات أكثر من اللازم.»

إن حجة مؤيدي نظرية الكون المتعدد الأخيرة هي عدم وجود بدائل جيدة لها. ومع أننا نجد كعلميين أن تكاثر **العوالم المتوازية**[1] أمر غير مستساغ، فإننا سنجد أنفسنا مضطرين لقبوله إذا كان التفسير الأفضل. وعلى العكس من ذلك، فإننا بحاجة إلى بديل قابل للنجاح إذا تخلينا عن الأكوان المتعددة. يتوقف استكشاف البدائل على نوع التفسير الذي نريد القبول به. وقد كان أمل الفيزيائيين على الدوام أن لا مفر من قوانين الطبيعة – أن الأمور تأخذ المجرى الذي تأخذه لأنه لا طريق آخر أمامها – لكننا لم نكن قادرين على تبيان صحة هذا الأمر. وهناك أيضا بدائل أخرى. فقد يكون الكون مجرد **صدفة** happenstance – شاءت الظروف أن تكون كذلك. أو أنه قد أريد للأشياء على نحو ما، أن تكون على ما هي عليه – فالقصد أو النية، هو بشكل آخر هو أساس الوجود. ولا يستطيع العلم الفصل في هذه الحالة لأن الأمر يتعلق بقضايا ميتافيزيائية.

اقترح العلماء الكون المتعدد كطريقة لحل مشكلات عميقة تتعلق بطبيعة الوجود، لكن هذا الاقتراح ترك المشكلات الجوهرية دون حل. فذات المشكلات التي تبرز فيما يتعلق بالكون تبرز ثانية فيما يتعلق بالكون المتعدد. وإذا كان الكون المتعدد موجودا، فهل كان وجوده من خلال الضرورة أو الصدفة أو القصد؟ هذا سؤال ميتافيزيائي لا يمكن لأي نظرية فيزيائية الإجابة عنه سواء تعلق الأمر بالكون أم بالكون المتعدد.

وعلينا، إذا ما أردنا التقدم، التمسك بالفكرة القائلة إن الاختبار التجريبي هو جوهر العلم. فنحن بحاجة إلى نوع من الصلة السببية بأي كيانات نقترحها، وإلا فلا حدود. وقد تكون الصلة غير مباشرة إلى حد ما. فإذا كان كيان غير مرصود ضروريا بشكل مطلق لإثبات خواص كيانات أخرى جرى التحقق منها فعلا، فيمكن اعتباره محققا. ويقع عبء إثبات ضرورته المطلقة عندئذ على عاتق التفسير. ولذا أطرح التحدي التالي على مؤيدي الكون المتعدد: هل بمقدوركم البرهان على أن الأكوان المتوازية غير المرئية جوهرية لتفسير العالم الذي نراه؟ وهل هذه الصلة أساسية ولا مفر منها؟

وبصفتي متشككا، فإنني أظن أن التأمل في الكون المتعدد هو فرصة ممتازة للتفكير في طبيعة العلم، وفي الطبيعة الجوهرية للوجود: لماذا نحن هنا؟ وهذا يقودنا إلى تبصرات جديدة مثيرة للاهتمام، ومن ثم فهو برنامج مثمر للبحث العلمي. ونحن بحاجة عند النظر إلى هذا المفهوم، إلى عقل منفتح، لكن ليس أكثر مما يلزم، فالطريق صعبة المسالك. هذا وقد تكون الأكوان المتعددة موجودة أو غير موجودة، وهذا أمر لم يفصل فيه بعد في هذه المسألة وعلينا التعايش مع هذا اللايقين. لا غبار على التأملات الفلسفية القائمة على العلم، وهذا هو حال مقترحات تعدد الأكوان. ولكن علينا تسمية الأشياء بأسمائها. ■

(1) parallel worlds

مراجع للاستزادة

Issues in the Philosophy of Cosmology. George F. R. Ellis in *Philosophy of Physics.* Edited by Jeremy Butterfield and John Earman. Elsevier, 2006. **http://arxiv.org/abs/astro-ph/0602280**

Universe or Multiverse? Edited by Bernard Carr. Cambridge University Press, 2009.

The Hidden Reality: Parallel Universes and the Deep Laws of the Cosmos. Brian Greene. Knopf, 2011.

Higher Speculations: Grand Theories and Failed Revolutions in Physics and Cosmology. Helge Kragh. Oxford University Press, 2011.

Scientific American, **August 2011**

تتمة الصفحة 65 (إزاحة غُمَّة بالغة الشدة)

الفئران. وتم هذا العمل من قبل <M. كابلت> [مدير مختبر الجراحة العصبية الجزيئية في كلية وايل كورنيل الطبية] وزملائه. وقد كان يجري دراسات مشابهة بخصوص المعالجة الجينية لمرض باركنسون، إذ استخدم الفريق **الڤيروس المُضعَّف نفسه المرتبط غديا** adeno-associated virus، والذي سبق واستخدم في نقل جين باركنسون إلى المرضى، في عملية نقل الجين P11 إلى نواة خلايا الفئران التي لا تحوي جين p11 فعّالا، ونجم عن ذلك انخفاض ملحوظ في سلوكها الاكتئابي.

لكل عالم أعصاب منطقة مفضلة في الدماغ، وهي لدى <كابلت> **النواة أكيوم مبنس** nucleus accumbens الذي يقول: «إن انحيازي لهذه المنطقة، ناجم عن كونها مركزا مهما في الدماغ يخص الشعور بالرضا والمكافأة، حيث يفعل الناقل العصبي الدوبامين فعله.» والشعور **باللامتعة** anhedonia، يعد أحد الأعراض الشائعة في الاكتئاب. وهو الفشل العضوي في الإحساس بالمتعة في الحياة، وهو، كما يقول <كابلت>، من بين الأعراض الأكثر ضررا وتأثيرا ويرتبط غالبا بنقل الإشارة عن طريق الدوبامين. ويعود السبب الثاني لانحيازه إلى تلك المنطقة إلى أن دراسات **الرنين المغنطيسي الوظيفي** functional MRI في الحيوانات والبشر تُظهر أن هذه المنطقة متصلة بشكل كبير بمناطق عديدة في الدماغ معروفة بانخراطها في ظاهرة الاكتئاب.

وسبب ثالث لانحيازه إلى تلك المنطقة يُردُّ إلى كونها هدفا جراحيا لعلاج تجريبي آخر للاكتئاب، وهو تقنية تدعى **بالتحريض الدماغي العميق** (DBS)[1]. وفي هذه التقنية يجري زرع دائم لإلكترود في تلك المنطقة وإرسال شحنات كهربائية دورية عبرها[2].

وبرأي <كابلت> فإن إجراء المعالجة الجينية مباشرة في الدماغ أبسط من إجراء التحريض الدماغي العميق لأنه «عوضا عن استخدام إلكترود لإجراء التحريض الدماغي DBS سيجري وضع **قثطار** catheter دقيق مؤقت وإخراجه دون إبقاء أي أداة داخل الدماغ». (في تقنية التحريض الدماغي العميق لا بد من إبقاء إلكترود بشكل دائم في المنطقة المستهدفة، كما لا بد أيضا من زرع محرض الناقل العصبي، وهو أداة تشبه منظم **ضربات القلب** pacemaker، قريبا من **عظم الطوق** collarbone الذي يولد الشحنات الكهربائية.) وقد أظهر <كابلت> وزملاؤه في بحثهم الخاص بمرض باركنسون سلامة استخدام **الناقل الڤيروسي**[3] وإمكانية نقل الجين الصحيح عبر القثطار إلى المنطقة المستهدفة من الدماغ، مما يؤدي إلى تحسن في الأعراض المرضية.

ويتم حاليا إجراء دراسات في المعهد الوطني للصحة الذهنية بإدارة <E. A. موري> [وهي من مختبر الفيزيولوجيا العصبية] و<P. نوبل> [من مؤسسة رعاية الرئيسات]، وذلك لاختبار المعالجة الجينية باستخدام الجين P11، فيما يتعلق بموضوع السلامة والفعالية في القرود. وإحراز النجاح في هذا الاختبار سيدعم بطبيعة الحال فرص إجراء اختبارات على البشر.

أما بخصوص **الأخطبوط العنبي**[4] فتوفير علاج جديد ضد الاكتئاب لا يمكن أن يأتي قبل أوانه. وتقول <موري>: «بالتأكيد، لقد غيرت مضادات الاكتئاب حياتي»، كما أضافت في موقعها الإلكتروني المعنون بمشروع التجربة: «إلا أنني مستاءة من أن ذلك كان على حساب حياتي الجنسية،» ولم تكن قد بلغت بعد عامها الخامس والعشرين. وتضيف: «أرجو أن أتمكن من التخلص من مضادات الاكتئاب والعودة إلى الحياة الجنسية الطبيعية، إلا أنني لا أعتقد أنني مستعدة لفعل ذلك الآن.» فلا بد من توفير خيارات أفضل، ويجب ألاّ يكون الخيار هو بين بقاء الرغبة الجنسية (**الليبيدو** libido) واستمرار حالة اليأس. ويجب ألاّ يقال لأي كان، بعد اختبار مجموعة من مضادات الاكتئاب وفشلها إنه لم يعد هناك ما يمكن فعله. وفي حال تحقق الآمال المعقودة على الجيل اللاحق من مضادات الاكتئاب، فإن خيار المقايضة المتاح، قد يكون أقل قسوة مما هو عليه حاليا. ■

(١) Deep brain stimulation

(٢) انظر: "*Depression's Wiring Diagram*," by David Dobbs; Head Lines, *Scientific American Mind*, March/April 2009

(٣) viral vector

(٤) blueberryoctopus

مراجع للاستزادة

Breaking Ground, Breaking Through: The Strategic Plan for Mood Disorders Research of the National Institute of Mental Health. 2001 report. 136-page PDF available at the NIMH Web site, which also has some good depression basics: www.nimh.nih.gov/about/strategic-planning-reports/breaking-ground-breaking-through-the-strategic-plan-for-mood-disorders-research.shtml

The Noonday Demon: An Atlas of Depression. Andrew Solomon. Scribner, 2002.

Depression: Out of the Shadows. A PBS documentary that aired in 2008, which has a comprehensive Web site where you can watch the program and find further information: www.pbs.org/wgbh/takeonestep/depression/index.html

Stress, Depression, and Neuroplasticity: A Convergence of Mechanisms. Christopher Pittinger and Ronald S. Duman in *Neuropsychopharmacology Reviews*, Vol. 33, pages 88–109; 2008.

Stuck in a Rut: Rethinking Depression and Its Treatment. Paul E. Holtzheimer and Helen S. Mayberg in *Trends in Neuroscience*, Vol. 34, No. 1, pages 1–9; November 2010.

The NIMH has an interesting interactive on its Web site about the prevalence of depression and a variety of other mental illnesses, as well as treatment options: www.nimh.nih.gov/statistics/index.shtml

Sherwin Nuland gives a TED talk about depression (largely his own) and electroshock therapy (his own): www.ted.com/talks/lang/eng/sherwin_nuland_on_electroshock_therapy.html

Scientific American, March 2012



عينان مفتوحتان واسعا: إن أحد أهداف الدراسات حول الأرق هو پپتيدات تُدعى الأوريكسينات، وهي تساعد على المحافظة على الدماغ في حالة يقظة، وقد تدل أيضا هذه الأوريكسينات إلى طرق جديدة لعلاج حالات الإدمان.

إماتة الإدمان(*)

إنّ الأدوية المنوّمة التي تعوق اليقظة قد تخفِّف أيضا من رغبات يصعب مقاومتها.

قد يقلل الاستغراق في نوم مريح طيلة الليل من الشعور الذي لايكاد يُقاوَم بالحاجة إلى بدء اليوم بتناول فنجان من القهوة، إلا أن الشركات الصيدلانية تبحث في إمكان أن يؤدي آخر ما اكتُشف من الأقراص الدوائية التي تَعِد بالاستمتاع بنوم طبيعي وعميق، دورا فعّالا في مكافحة أشد حالات الإدمان.

وتعمل الأدوية الجديدة التي تساعد على النوم على إحصار نشاط **الپپتيدات الدماغية**(1) المسماة **بالأوريكسينات** orexins. فهذه الپپتيدات الضئيلة الحجم تحفظ لنا حالة اليقظة والانتباه خلال النهار، كما تتحكم في بعض التأثيرات المنبِّهة لأدوية الإدمان. وفي حين أن الأوريكسينات لا تسبّب الإدمان أو الانتكاس بصورة مباشرة، فإن الإدمان والانتكاس لا يحدثان من دون مشاركة هذه الپپتيدات.

لقد لوحظت الصلة المثيرة للاهتمام بين النوم والإدمان منذ زمن بعيد لدى من يعانون **التغفيق** narcolepsy – وهو اضطراب يسبِّب نوما بدايته مفاجئة. ومع أن المصابين بالتغفيق كانوا يُعالجون أحيانا **بالأمفيتامينات** amphetamines القوية لمساعدتهم على البقاء بحالة يقظة، فإنهم لم يصبحوا من المدمنين عليه على الإطلاق. وبحلول عام 1998، استطاعت الأبحاث الجينية الاستقصائية تتبّع سبب التغفيق، ليُكتشف أنه مجموعة من الطفرات الحادثة في جينات الأوريكسينات، أو في مستقبلاتها – وقد أثبتت هذه الاكتشافات وجود هذه الپپتيدات ودورها البالغ الأهمية في الحفاظ على الدماغ بحالة يقظة. وأدت الجهود، التي استهدفت تحويل هذه التبصرات إلى أدوية جديدة لمعالجة الأَرَق، إلى إنتاج العديد من المركبات التي وصلت في الوقت الحاضر إلى المرحلة النهائية من التجارب السريرية.

وتقوم الشركاتُ ذاتُها التي تطوّر هذه الأدوية المساعدة على النوم أيضا باستقصاء دور الأوريكسينات في الإدمان من خلال إجراء الأبحاث على الحيوانات. وفي دراسة حديثة أكد ‹D. كوارتا› ومساعدوه، الذين يعملون في شركة گلاسكو سميث كلاين للأبحاث الدوائية في مدينة فيرونا الإيطالية، أنه عندما أعطي للجرذانِ **الحاصرَ للأوركسين**(2) (SB-334867)، الذي ابتكرته الشركة، مصحوبا بالأمفيتامينات – فإن أدمغتها أطلقت كمية أقل من الدوپامين، وأصبحت أقل حساسية للمنبهات من الجرذان **الشاهدة** controls، حتى عند إعطائها جرعات متكررة. فالعصبونات المُحَسَّسَة تنّمي مستقبلات إضافية للدواء التي تتأجّج الرغبة في تناوله، مما يجعلها تتطلَّب كمية أكبر من ذلك الدواء لتحقيق التنبيه، ويؤدي ذلك إلى إضرام حلقة تنتهي بالإدمان.

إضافة إلى ذلك فقد أثبت ‹J. J. رينگر› وزملاؤه في شركة ميرك أن حاصرا تجريبيا آخر للأوريكسينات، أعطي مع الأمفيتامينات للجرذان، قد منع حالة **التحسيس**(3). واتضح في الدراسة نفسها أن المركب الذي ابتكرته الشركة ليعمل مضادا مزدوجا لكل من الأوريكسينات ومستقبلاته (DORA)، إذا أُعطي مع النيكوتين إلى الجرذان التي أدمنت من قبل على النيكوتين، فإن هذا المركب يقي تلك الحيوانات من **الانتكاس** relapsing.

ويقول ‹رينگر› معلِّلا ذلك: «إن ما أثبتناه ليس أن الأوريكسينات تمثل هدفا للأمفيتامين، لأننا نعرف أن الأمفيتامين يستهدف الدوپامين». وعلى أية حال، فإطلاق الدماغ للأوريكسينات استجابة للمنبهات، يعزِّز من أنشطة الدوپامين في نهاية العملية التي تقود إلى التحسيس والإدمان. ويضيف ‹رينگر› قائلا: «إن الأوركسين هو الذي يمهد الساحة»، مما يجعل من الممكن حدوث تلك التغيرات الدماغية.

وكما يتضح من المثال المتطرف للتغفيق، فإن غياب الأوريكسينات يزيل حاجزا يعترض سبيل النوم. ولهذا السبب فإن الأدوية الجديدة التي تساعد على النوم، والحاصرة للأوريكسينات، قد تسهِّل الحصول على **نُعاس** slumber ذي سمات طبيعية أكثر مما تؤدي إليه الحبوب المنوِّمة المتوفرة حاليا، والتي تثبط إجمالا النشاط الدماغي، ومن ثم تقمع إشارات «اليقظة»، ومنها الأوريكسين.

ويتنبأ ‹رينگر› بأن الأدوية المنبِّهة قد تؤدي – على نحو مشابه – إلى محاكاة غير طبيعية للمنبِّهات الطبيعية، وهو

(*) PUTTING ADDICTION TO BED
(1) brain peptides
(2) orexin blocker
(3) sensitization

الأمر الذي يمكن أن يفسِّر سبب أداء الأوريكسينات لدورها الذي يسهل عمليات التعلُّم والمكافأة الموجَّهة بالدوپامين، والتي تقود إلى الإدمان. وتشير الدراسات التي أجريت على الحيوانات إلى أن «إعطاء حاصرات الأوريكسين مع دواء مُنَبِّهٍ قد يسهِّل أيضا العزوف عن الإدمان».

ومن جانبها، لم تعلن الشركاتُ عن خططٍ لتطوير حاصرات الأوركسين لمعالجة إدمان العقاقير، إلا أن ‹رينگر› أوضح أنه ما أن تُطرح الأدوية التي تساعد على النوم في الأسواق حتى تساعد على حل مشكلة الإدمان بمجرد تسهيل الخلود إلى نوم جيد في الليل. ويقول ‹رينگر›: «هناك بينات متوافرة على أن الأرق هو أحد الأسباب الرئيسية لانتكاس المدمنين على معاقرة الكحوليات، لأنهم يعتمدون على الكحول لمساعدتهم على النوم.» وقد توفر أقراصُ النوم الحاصرة للأوريكسينات نوما أكثر جودة مما يقدمه غياب الوعي الناجم عن الكحول. والأمر الذي علينا أن نترقبه هو ما إذا كانت الأدوية التي تساعد على النوم بإحصار الأوريكسينات هي أول الحبوب المُنَوِّمة التي تتمتع بضمان ألا يُصاحبها الإدمان. ■

‹c. سواريس›

مشكلة الإحساس بالحُرقة(*)

إن الإفراط في استخدام أحد مُحصرات الحمض(1) الشائعة يؤدي إلى مخاطر صحية.

في عام 2008، أنفق الأمريكيون ما يزيد على 14 بليون دولار أمريكي على مجموعة من المعالجات المستخدمة لمعالجة مشكلة الإحساس بالحرقة، وتدعى الأدوية المثبطة لمضخة البروتون - مثل نكسيوم وپريڤاسيد وپروتونكس - مما يجعلها تأتي في المرتبة الثانية في قائمة أفضل مبيعات الأدوية في الولايات المتحدة بعد الأدوية التي تنظِّم مستويات الشحميّات. إلا أن الأبحاث الحديثة تشير إلى أن ما تتمتع به هذه الأدوية من شيوع يعود جزئيا إلى أنها توصف بشكل غير ضروري، وهو أمر قد يعرِّض ملايين الناس للخطر. فقد ارتبط الاستخدام الطويل الأمد لهذه الأدوية **بأعراض الانسحاب**(2) وزيادة خطر **الإنتان** infection الجرثومي وكسور الورك وربما أيضا **بالأعواز التغذوية**(3).

وتعمل **الأدوية المثبطة لمضخة البروتون**(4)، أو PPIs اختصارا، وكما يشير إلى ذلك اسمها، على إحصار منظومة إنزيمية في خلايا المعدة الضرورية لضخ الحمض. ومع أنها لا تهدف إلا إلى معالجة الجَزْر (الجريان الرجوعي) للحمض من المعدة إلى المريء ومرض القرحة الهضمية، فإن هناك «عددا من الناس الذين لديهم أعراض هضمية غير ناجمة عن الحمض يُعالَجون بالأدوية PPIs»، وقد يعود ذلك أحيانا إلى أخطاء في التشخيص، «لأن الأطباء ليس لديهم أية بدائل أفضل»، كما يقول ‹W.C. هاودن›، وهو اختصاصي بأمراض الجهاز الهضمي في كلية الطب بجامعة نورث وسترن.

كما يصف الأطباء الأدوية PPIs أيضا للمرضى الذين يدخلون المستشفيات بسبب إصابات خطيرة لوقايتهم من الإصابة بالنزف الهضمي و**بقرحات الكَرْب**. ولا يقتصر الأمر على أن هذه الوصفات تدعو إلى التساؤل عن جدواها - لأنها لا تنقذ من النزف الخطير إلا مريضا واحدا من بين كل 900 مريض يعالج بها من مرضى العناية المركزة - بل إن هذه الأدوية تُعطى أيضا لمرضى ليسوا بحاجة إليها، وذلك على الرغم من أن الجمعية الأمريكية لصيادلة الأنظمة الصحية (ASHSP) قد أصدرت في عام 1999 دلائل إرشادية أوضحت فيها مَن الذي يجب أن يُعالَج بهذه الأدوية تحديدا. ويشرح ‹J. هايديلباوف› [وهو أستاذ مشارك في طب الأسرة في جامعة متشيگان بآن آربور] «أن ذلك يندرج تحت قول القائل (لنعطِ هذه الأدوية إلى جميع أو معظم المرضى في مستشفياتنا)». ففي عام 2006 شارك ‹هايديلباوف› في تأليف دراسة أوضحت أن النظام الصحي في الجامعة التي يعمل فيها يصرف 000 110 دولار أمريكي على وصفات غير ضرورية للأدوية PPIs، فيما استنتجت دراسة أكثر حداثة أجريت في عام 2009 ونشرت في *المجلة الطبية الأمريكية (AJM)* أن ما يصل إلى 60% من وصفات الأدوية PPIs للمرضى داخل المستشفيات لم تكن ضرورية.

ومن الغريب أن ‹هايديلباوف› قد وجد أيضا أن المرضى الذين أدخلوا المستشفيات لإصابتهم بأعراض هضمية يكون احتمال أن توصف لهم الأدوية PPIs أقل مما لدى المرضى الذين أدخلوا المستشفيات لأسباب أخرى، مثل

(*) Heartburn Headache أو مشكلة اللّذع.
(١) acid blockers
(٢) withdrawal symptoms
(٣) nutritional deficiencies
(٤) proton pump inhibitors (PPIs)
(٥) stress ulcers

الاضطرابـات الروماتزمية؛ وأن مـا يقرب من ثلث المرضى الذيـن بدؤوا بتعاطي الأدوية PPIs يعيدون صرف وصفاتها دون حاجة إلى ذلك. وفي هذا السياق، يقول <هايديلباوف>: «نحـن نعرف أن الناس يُوضَعون على هذه الأدوية ويُترَكون على ذلك؛ ونعلـم أنها تكلف مبالغ طائلة؛ كما نعرف أنها لا تخلو من المخاطر.»

وفـي الواقـع، هناك دراسـات عديـدة تشـير إلى أن الاستخدام الطويل الأمد للأدوية PPIs يمكن أن يسبب بعض المشكلات؛ ففي عام 2006 أوضحت دراسة نشرتها المجلة أن الأشخاص الذين يتناولون الأدوية PPIs لمدة طويلة وبجرعات عالية معرضون للإصابة بكسور الورك بمقدار 2.65 أضعاف تعرُّض الشواهد (الأشخاص الذين لا يتناولون تلك الأدوية)، وقد يعود ذلك إلى أن هذه الأدوية تثبّط امتصاص الكالسيوم. وعن طريق زيادة **درجة الحموضة** (pH) في المعدة تزيد الأدوية PPIs أيضا من خطر الإنتان؛ وقد أوضحت دراسـات نُشرَت في المجلة *(AJM)* ما بين عامي 2004 و 2005 أن احتمال تعرّض الأشـخاص الذين يتناولون الأدوية المثبطة للحمض للإصابة بالالتهاب الرئوي يبلغ ضعفَيْ احتمال إصابة غيرهم به، وأن احتمـال إصابتهم بإنتان قد تكـون مميتة ناجمة عن جراثيم ***العَصَويّة المطَثّيّة*** *Clostridium difficile* العسـيرة يبلغ ثلاثة أضعاف احتمال إصابة غيرهم ممن لا يتناولون تلك الأدوية، مع أن الخطر الإجمالي منخفض. وفي الشـهر 2010/3، نشر الباحثـون في *مجلة طب الكبد والجهاز الهضمي السـريري (CGH)* أن مـا يقرب من نصف الأشـخاص الذين يتعاطون الأدوية PPIs في أحد المستشـفيات الإيطاليـة يعانون إنتانا فـي الأمعاء الدقيقة ناجما عن جراثيم من القولون مقارنة بما لا يزيد على 6% من الأشـخاص الأصحاء الذين لا يتعاطون تلك الأدوية. ويمكن أن تسـبب هذه الحالة الإسهال أو تعيق امتصاص المغذيات.

أما الأمر الأكثر إثارة للقلق فهو أن الاستخدام الطويل الأمد للأدوية PPIs قد يسبب الأعراض ذاتها التي صممت هذه الأدوية أصلا لمعالجتها. وفي عام 2009 وفي دراسـة نُشرت في مجلة طب الجهاز الهضمي قسّم الباحثون 120 مريضا صحيحا إلـى مجموعتين تلقّى نصفهم دواء غُفلا لمدة 12 أسـبوعا، فيما تلقى النصـف الآخر الأدوية PPIs لمدة ثمانية أسـابيع تلاها تلقيهم لدواء غُفل في الأسـابيع الأربعة التالية. وفي نهاية الدراسـة أبلـغ 22 في المئة من الأشـخاص الذين أخذوا هذه الأدوية عن معاناتهم الحرقة ومن الجَزْر أو الجريـان الرجوعي للحمض من المعدة إلى المريء، مقارنـة بـ 2% من الذين عانـوا المعاناة ذاتها ولم يتناولوا هذه الأدوية مطلقا.

وأشـار <هـاودن> إلى أنـه نتيجة لإجـراء التجربة على أشـخاص أصحاء، فإن مـن المتعذر معرفة فيمـا إذا كانت الأدوية PPIs يمكن أن تزيد من شـدة الأعراض لدى المرضى الذين يعانون فعلا مشـكلات في الحمـض، لكن <P. بيتزر> [المؤلف المشارك للدراسة وأستاذ الطب في جامعة كوبنهاگن فـي الدانمارك] يقول إنه: «لايوجد سـبب يدعو للاعتقاد أن الأمر سيكون مختلفا عن هذه الحالة، بل إنني أتوقع أيضا أن التأثيـرات قد تكون أكثر وضوحا لدى المرضى الذين يعانون الحرقـة فعـلا.» وإذا كان ذلك صحيحا فـلا عجب إذن أن الأدوية PPIs، الواسـعة الانتشـار قد يكون لها تأثير مسبب للإدمان، كما يقول <بيتزر>.

وفي الوقت الحاضر، لا يوجد تحرك على الصعيد الوطني لكبح جماح الاستخدام المفرط للأدوية PPIs، لكن <هايديلباوف> يقـول: «هناك الكثير من الجهـود التي تُبذَل، ومعظمها خاص ببعض المؤسسـات، لرفع مستوى الوعي حول هذا الموضوع، ولمحاولة الحد من الاستخدام غير الرشيد للأدوية PPIs.» وقد وفَّر مركز كاروليناس الطبي في شارلوت بولاية نورث كارولينا، ما يقرب من مئة ألف دولار أمريكي سنويا من تكاليف الأدوية، بعـد وضعه للدلائل الإرشـادية حول اسـتخدامها، كما أدت خطوة مماثلة قام بها مستشـفى سـانت پول في ڤانكوڤر إلى خفـض تكاليف الأدوية اليومية بما يقرب من النصف من دون أن يؤدي ذلك إلى سوء النتائج السريرية. ■

<W. M. مويـر>، تقيم في مدينة نيويورك وتكتب عن القضايا الصحية والطبية، وقد وصفت المخاطر القلبية التي تنجم عن استخدام الكربوهيدرات المكرَّرة في عدد الشهر 2010/5 من المجلة.

مراكز توزيع العلوم في الأقطار العربية:

• **الإمارات**: شركة الإمارات للطباعة والنشر والتوزيع - أبوظبي/ دار الحكمة - دبي • **البحرين**: الشركة العربية للوكالات والتوزيع - المنامة • **تونس**: الشركة التونسية للصحافة - تونس • **السعودية**: تهامة للتوزيع - جدة - الرياض - الدمام • **سوريا**: المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات - دمشق • **عُمان**: محلات الثلاث نجوم - مسقط • **فلسطين**: وكالة الشرق الأوسط للتوزيع - القدس • **قطر**: دار الثقافة للطباعة والصحافة والنشر والتوزيع - الدوحة • **الكويت**: الشركة المتحدة لتوزيع الصحف والمطبوعات - الكويت • **لبنان**: الشركة اللبنانية لتوزيع الصحف والمطبوعات - بيروت • **مصر**: الأهرام للتوزيع - القاهرة • **المغرب**: الشركة الشريفية للتوزيع والصحافة - الدار البيضاء • **اليمن**: الدار العربية للنشر والتوزيع - صنعاء.

(قسيمة اشتراك / تجديد اشتراك في العلوم)

* أرجو تسجيل / تجديد اشتراكي في العلوم لمدة (   ) سنة

اعتبارا من الشهر .... عام ....

الاسم : ....

الوظيفة/ المهنة (اختياري) : ....

العنوان البريدي: ....

.... فاكس : ....

العنوان الإلكتروني : ....

هاتف : نقال .... عمل .... منزل ....

مرفق القيمة وقدرها (..)

شيك/ حوالة رقم (..) بتاريخ ....

مسحوب على ....

التوقيع ....

الاشتراكات

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ترسل طلبات **الاشتراكات** إلى المجلة مرفقة بشيك أو حوالة باسم «**شركة التقدم العلمي للنشر والتوزيع**» مسحوبين على أحد **البنوك الكويتية** التالية.

* بنك الكويت الوطني	* National Bank of Kuwait
* البنك التجاري الكويتي	* The Commercialk Bank of Kuwait
* البنك الأهلي الكويتي	* Al Ahli Bank of Kuwait
* بنك الخليج	* The Gulf Bank
* بنك برقان	* Burgan Bank
* البنك الأهلي المتحد	* Ahli United Bank
* بيت التمويل الكويتي	* Kuwait Finance House

(قسيمة إهداء اشتراك في مجلة العلوم)

لقريب أو صديق أو مؤسسة

* أرجو تسجيل اشتراك في مجلة العلوم كإهداء لمدة (   ) سنة

اعتبارا من الشهر .... عام ....

اسم المُهْدى إليه : .... Name:

الوظيفة/ المهنة (اختياري) : ....

العنوان البريدي : .... Mailing Address:

.... فاكس : ....

العنوان الإلكتروني : .... e-mail:

هاتف : نقال .... عمل .... منزل ....

مرفق القيمة وقدرها (..)

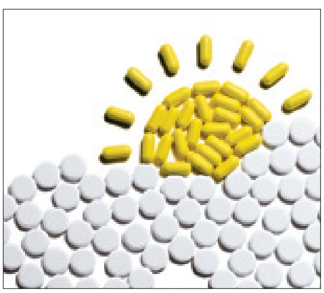
شيك/حوالةرقم (..) بتاريخ..............................

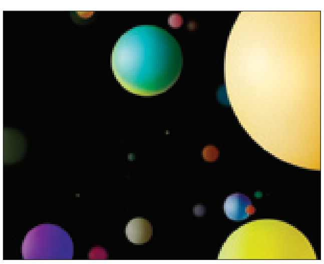
مسحوب على ....











SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF: Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR: Ricki L. Rusting
CHIEF NEWS EDITOR: Philip M. Yam
SEnIor writeR: Gary Stix
EDITORS: Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong
CONTRIBUTING EDITORS: Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie, Michael Shermer, Sarah Simpson

ASSOCIATE EDITORS, ONLINE: David Biello, Larry Greenemeier
NEWS REPORTER, ONLINE: John Matson
ART DIRECTOR, ONLINE: Ryan Reid

ART DIRECTOR: Edward Bell
ASSISTANT ART DIRECTOR: Jen Christiansen
PHOTOGRAPHY EDITOR: Monica Bradley

COPY DIRECTOR: Maria-Christina Keller

EDITORIAL ADMINISTRATOR: Avonelle Wing
SENIOR SECRETARY: Maya Harty

COPY AND PRODUCTION, NATURE PUBLISHING GROUP:
SENIOR COPY EDITOR, NPG: Daniel C. Schlenoff
COPY EDITOR, NPG: Michael Battaglia
EDITORIAL ASSISTANT, NPG: Ann Chin
MANAGING PRODUCTION EDITOR, NPG: Richard Hunt
SENIOR PRODUCTION EDITOR, NPG: Michelle Wright

PRODUCTION MANAGER: Christina Hippeli
ADVERTISING PRODUCTION MANAGER: Carl Cherebin
PREPRESS AND QUALITY MANAGER: Silvia De Santis
CUSTOM PUBLISHING MANAGER: Madelyn Keyes-Milch

PRESIDENT: Steven Inchcoombe
VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION: Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND BUSINESS DEVELOPMENT: Michael Florek
BUSINESS MANAGER: Marie Maher

Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag

Majallat AlOloom July / August - 2012 Volume 28 Number 7/8 SCIENTIFIC AMERICAN

المجلس الدولي للغة العربية

يُنَظِّم بالتعاون مع

منظمة اليونسكو - مكتب التربية العربي لدول الخليج - اتحاد الجامعات العربية

المؤتمر الدولي الثاني للغة العربية

يُعقد في بيروت في الفترة : 8 - 12 / 4 / 2013

تحت شعار

اللغة العربية في خطر
الجميع شركاء في حمايتها

يهدف المؤتمر إلى تنسيق الجهود المخلصة لدعم اللغة العربية وإبرازها، وحث الأفراد والمؤسسات الحكومية والأهلية، الوطنية والعربية والدولية، على المشاركة في هذا المؤتمر من أجل تبادل الخبرات ودعم الجهود لتطبيق اللغة العربية السليمة وتعميم استخدامها على كافة المستويات والتخصصات.

ومن أهم العناوين التي ستطرح في هذا المؤتمر:

- لماذا اللغة العربية في خطر؟ وما خطر تغييبها؟
- كيف يمكن أن يكون الجميع شركاء في حماية اللغة العربية؟
- جهود الحكومات والهيئات الحكومية في حماية اللغة العربية.
- تعليم اللغة العربية في الجامعات والمدارس الحكومية والأهلية.
- دَوْر الترجمة في حماية اللغة العربية.
- جهود المؤسسات المعنية بالترجمة في الوطن العربي بين الواقع والمأمول.
- أقسام الترجمة في الجامعات العربية والتحديات المعاصرة.
- كيف يمكن إحداث ثورة علمية ومهنية في مجال الترجمة.
- دَوْر المؤسسات الإعلامية في حماية اللغة العربية.
- اللغة العربية والتقانات الحديثة.
- اللغة العربية والبحث العلمي وطنيا وعربيا ودوليا.
- تعليم اللغة العربية للناطقين بغيرها.
- ما الجهود التي تبذل لتعليم اللغة العربية للناطقين بغيرها في الدول العربية؟
- ما هي التجارب الناجحة محليا ووطنيا وعربيا ودوليا لتعليم اللغة العربية للناطقين بغيرها؟
- المجلات العلمية ودورها في حماية اللغة العربية.
- اللغة العربية ووسائل التأليف والنشر العلمي.
- ما مدى إسهام الجوائز الداعمة للغة العربية وآدابها في تشجيع استخدام اللغة العربية السليمة؟
- مبادرات وتجارب الأفراد والمؤسسات في الاهتمام باللغة العربية.

التسجيل في المؤتمر متاح لجميع المهتمين باللغة العربية، ويتم عبر **البريد الإلكتروني** almajless@live.com:

ولمزيد من المعلومات حول المؤتمر يرجى زيارة موقع المجلس الدولي للغة العربية على **الإنترنت**: www.alarabiah.org

تعلن مجلة العلوم

عن حاجتها إلى مدقق لغوي

يجيد اللغة العربية ولديه :

- **خبرة عملية** في التدقيق اللغوي
- **إلمام جيد** باللغة الإنكليزية
- **خلفية علمية**

ترسل الطلبات إلى : مجلة العلوم ـ ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069

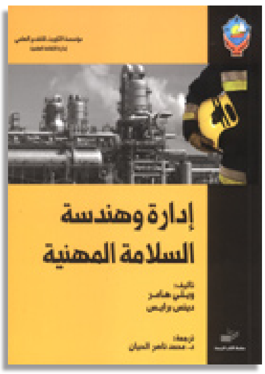
العنوان الإلكتروني: e-mail: oloom@kfas.org.kw ـ فاكس: 22403895 (965+)

صدر حديثا عن

إدارة الثقافة العلمية(*)
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ضمن سلسلة الكتب المتخصصة :

إدارة و هندسة السلامة المهنية
Occupational Safety Management and Engineering



تأليف : W. Hammer - D. Price

ترجمة : د. محمد ناصر الحيان

لقد صمم هذا الكتاب ليخدم شرائح متعددة من القراء. وفي طبعته المنقحة الحالية يتطرق الكتاب إلى أهم المواضيع المتعلقة بالسلامة المهنية من النواحي التاريخية والقانونية والإدارية والهندسية، بعضها تقليدي مُطوّر والآخر حديث مستجد، كسلامة برمجيات الحاسوب. ويتضمن الكتاب العديد من القوائم التصحيحية checklists.

ومن فصوله التسعة والعشرين:

- خسائر الحوادث
- المسؤوليات القانونية وتشريعات السلامة
- الإدارة ومسؤولياتها
- المخاطر والتحكم بها
- التحقيقات بالحوادث
- المخاطر الكهربائية
- مخاطر المواد السامة
- أجهزة الحاسوب والسلامة

يُعَدُّ هذا الكتاب إضافة قيّمة إلى المكتبة العلمية العربية في مجاله، حيث يتميز بعمق وشمولية معالجة مواضيعه وتدرجها في العرض.

(*) ص.ب: 36252 الصفاة 31131 ـ دولة الكويت

هاتف: 79852422 (569+) – فاكس: 79830422 (569+)

البريد الإلكتروني: wk.gro.safk@rohtua

